# આઇનસ્ટાઇન અને સાપેક્ષવાદ

## અનુક્રમ





# આઇનસ્ટાઇન અને સાપેક્ષવાદ


EINSTEIN ANE
SAPEKSHVAD
By Nagendra Vijay

'આઈનસ્ટાઈન અને સાપેક્ષવાદ'
પ્રથમ આવૃત્તિ (એપ્રિલ, ૨૦૦૫)
બીજી આવૃત્તિ (ફેબ્રુઆરી, ૨૦૧૩)

લેખક : નગેન્દ્ર વિજય

સંપાદન : હર્ષલ પુષ્કર્ણા





મુદ્રક અને પ્રકાશક :
યુરેનસ બૂક્સ
૨૦૯, આનંદ મંગલ-૩,
ડૉક્ટર્સ હાઉસની સામેની ગલીમાં,
પરિમલ ક્રોસિંગ પાસે, એલિસબ્રિજ,
અમદાવાદ-૩૮૦૦૦૬
ફોન : ૨૬૪૬ ૧૬ ૯૮

મુદ્રણસ્થાન :
શ્વેતા ઑફસેટ
ગોમતીપુર, અમદાવાદ

મુખપૃષ્ઠ ડિઝાઈન :
હર્ષલ પુષ્કર્ણા

કિંમત :
₹૧૮૦/-


બ્રહ્માંડનાં મૂળભૂત રહસ્યો સમજાવતી, છતાં ઘણા ખરા લોકો માટે હંમેશા સમજ બહારની રહેતી થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી વિશે અત્યાર સુધીમાં જે અભ્યાસલેખો અને પુસ્તકો લખાયાં છે તેમનાં પૃષ્ઠોને કતારબંધ ગોઠવો તો સામો છેડો કદાચ છેક ચંદ્ર સુધી પહોંચે. બીજી તરફ સામાન્ય વાચકોને આઇનસ્ટાઇનનો સાપેક્ષવાદ ખરેખર સમજાવી શક્યાં હોય તેવાં પુસ્તકોને હરોળબંધ મૂકતા જાવ તો સંભવ છે કે એ લાઇન સામાન્ય ડાઇનિંગ ટેબલના એક છેડાથી બીજા છેડા સુધી પણ ન પહોંચે. ઓગણીસ-વીસના તફાવતને દરગુજર કરો તો વિરોધાભાસ દર્શાવતી સરખામણી મહદ્ અંશે સાચી છે, છતાં તેને વધુ પડતું મહત્ત્વ આપવાની જરૂર નથી. વિશેષ મહત્ત્વનો વિરોધાભાસ જુદો છે. નાનપણમાં વિદ્યાર્થી આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને શિક્ષકોના મોઢે સાંભળવા પડેલાં ત્રણ વાક્યોમાં એ વિરોધાભાસ વ્યક્ત થાય છે :

(૧) 'જિંદગીમાં તું કશું ઉકાળવાનો નથી.' (૨) 'વર્ગમાં તારી હાજરીને લીધે બીજા વિદ્યાર્થીઓ એકચિત્તે ભણી શકતા નથી.' (૩) 'તને નર્વસ બ્રેકડાઉન થયાનું સર્ટિફિકેટ તારા ડૉક્ટરે પોતે લખી આપ્યું છે, તો પછી અમારી શાળાને પણ તારા જેવા વિદ્યાર્થીની જરૂર નથી. ચાલતી પકડ !'

આવા લીમડાછાપ શબ્દોને આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને વખત જતાં ઐતિહાસિક બનાવી દીધાં. 'ઢગલાનો ઢ' ગણાયેલા આઇનસ્ટાઇને તેના નામોશીભર્યા શાળાજીવન પછી એવું તે શું કર્યું કે જેને કારણે આટલો મોટો વિરોધાભાસ સર્જાયો અને છેવટે આખું વિજ્ઞાનજગત ખળભળી ઊઠ્યું ? આઇનસ્ટાઇનના શબ્દોમાં તેનો જવાબ સારી રીતે મળે તેમ છે : 'ઘણી વાર હું મારી જાતને પૂછતો કે સાપેક્ષવાદનો સિદ્ધાંત કોઇ બીજાને નહિ, પણ મને જ કેમ સૂઝ્યો? કદાચ એ કારણે કે પુખ્ત વયે પહોંચ્યા બાદ હું બ્રહ્માંડ અંગે વિચારતા શીખ્યો અને વિચારતો પણ રહ્યો.'

આ પુસ્તકના વાચકોએ બે કાર્યો લગભગ સામટાં કરવાનાં છે. એક કાર્ય વાંચવાનું અને બીજું વિચારવાનું, કેમ કે એટલું કરી શકાય તો પછી બ્રહ્માંડનાં અજીબોગરીબ રહસ્યો સમજાવતી થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીને સમજવામાં તેમજ માણવામાં ક્યાંય મુશ્કેલી પડવાની નથી. ગેરન્ટી છે. અલબત્ત, બ્રહ્માંડના હેરતજનક સ્વરૂપ વિશે વિચારે ચડી ગયા પછી રાતની ઊંઘ બરાબર માણી શકો એ વાતની ગેરન્ટી નથી.

--હર્ષલ પુષ્કર્ણા

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

# $E=mc^2$

$E=mc^2$. આ જાણીતું, બહુ ગવાયેલું અને મોટા ભાગના લોકોને બહુ ગૂઢ જણાયેલું સૂત્ર લખ્યા પછી વધુ લખવા જેવું બીજું શું બાકી રહ્યું? કંઇ બાકી રહેતું નથી. થોડામાં ઘણું નહિ અને થોડામાં ઘણું બધું પણ નહિ, બલકે થોડામાં બધ્ધેબધું કહી નાખતું દુનિયાનું સૌથી ટૂંકું વાક્ય હોય તો એ બેશક $E=mc^2$ છે. દુનિયાનું પણ શા માટે ? સમગ્ર બ્રહ્માંડમાં બધે ફરી વળો અને બધું ફેંદી વળો, પરંતુ આટલું ટૂંકું છતાં આટલી લાંબી પહોંચવાળા અર્થનું વાક્ય ક્યાંય શોધ્યું જડે તેમ નથી. આનું કારણ છે : અખિલ બ્રહ્માંડ પોતે $E=mc^2$ માં સમાયેલું છે. એક વાર મનોમન E is equal to $mc^2$ બોલો, એટલે પછી આગળ કશું બોલવાનું રહેતું નથી. સમજો કે બધું જ કહી નાખ્યું. આ સૂત્રમાં અમુક રીતે ગોઠવાયેલા E, m, c, = તથા ${}^2$ જ્યાં લાગુ ન પડે ત્યાં અચૂકપણે તેમાંની એકાદ-બે સંજ્ઞાઓ ધરાવતાં પેટાસૂત્રો બ્રહ્માંડની તાસીરના બીજા દરેકેદરેક પાસાને ઓળખાવી દે છે.

આ લાંબી અને સાચેસાચી કથા એ ટૂંકા સૂત્રની અને તેમાં રહેલાં પાંચ મૂળ ઘટકોની છે. આગામી પાનાઓમાં તેનો આરંભ થાય છે. કથા આપણા બ્રહ્માંડના એવા સફાઇ કામદારની પણ છે કે જેણે અવકાશી ફલક યાને અંતર/space તથા સમય/time ને લગતા હજારો વર્ષ જૂના પરંપરાગત ખ્યાલોનું વાસીદું કાઢી નાખ્યું. એક જ ઉલાળિયે તેમને ઉકરડાના હવાલે કરી બ્રહ્માંડની જાણે કે સિકલ બદલી નાખી. વિજ્ઞાનજગત સમક્ષ તેણે બ્રહ્માંડનું જે વિસ્મયકારક સ્વરૂપ પેશ કર્યું તેને શરૂઆતમાં ઘણા વિજ્ઞાનીઓ બરાબર સમજી શક્યા નહિ. કેટલાક વિજ્ઞાનીઓ સમજ્યા, પણ એ સ્વરૂપને તેઓ સ્વીકારી શક્યા નહિ. વાસ્તવિકતાનો સૂર્ય જો કે ઝાઝો વખત છાબડે ઢાંક્યો ન રહ્યો. નક્કર પુરાવા નજર સામે આવ્યા ત્યારે સૌએ નછૂટકે માનવું પડ્યું કે અંતરમાં મપાતું બ્રહ્માંડ/space અને સેકન્ડ, મિનિટ યા કલાકમાં મપાતો સમય/time એકબીજા કરતાં જુદાં નથી. બન્ને એક જ છે



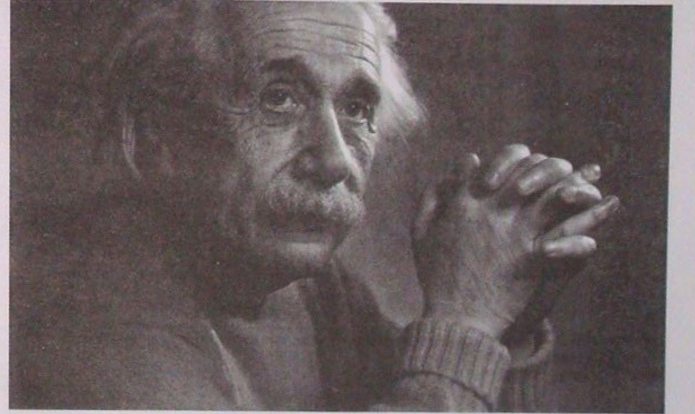


--એટલે કે ચોતરફ દ્રષ્ટિગોચર થતું બ્રહ્માંડ પોતે spacetime છે. માત્ર સ્પેસ નહિ કે માત્ર ટાઇમ નહિ. આ ચોંકાવનારા સત્યનો ઘટસ્ફોટ કરતા સૂત્ર $E=mc^2$ પ્રમાણે બ્રહ્માંડમાં વ્યાપ્ત એવાં ઊર્જા/Energy અને પદાર્થનું દળ/mass (અથવા matter) પણ એક જ સિક્કાની બે સાઇડ છે. બે અલગ સિક્કા નથી. ઊર્જા એ જ પદાર્થ અને પદાર્થ એ જ ઊર્જા, માટે તેમની વચ્ચે પણ ભેદ ન પાડવો જોઇએ.

બ્રહ્માંડના દેખીતા ચહેરા પર વૈજ્ઞાનિક ક્રાંતિની સાવરણી ફેરવી તેના અસલ સ્વરૂપનાં દર્શન કરાવનાર સફાઇ કામદારનું નામ તો જણાવવું પડે તેમ નથી, છતાં શુકનનો લાભ શા માટે જતો કરવો ? ડૉ. આલ્બર્ટ હેરમાન આઇનસ્ટાઇન. અહીં રજૂ થતી અત્યંત હેરતભરી વિજ્ઞાનકથાનો સુપરસ્ટાર એ જ છે.

વિજ્ઞાનના સૌથી આશ્ચર્યજનક છતાં સૌથી અઘરા વિષયને લગતી કથા આશ્ચર્યજનક ત્યારે જ લાગે કે જ્યારે અઘરી ન લાગે, માટે કથાની માંડણી પહેલાં એક પ્રોમિસનું એલાન કરી દેવું છે :

સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનું, જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનું અને તે બેયના પાયામાં રહેલા $E=mc^2$ જેવાં સૂત્રોનું બયાન આશ્ચર્યજનક જરૂર લાગવાનું છે, પણ અઘરૂં જરાય નહિ. ખગોળશાસ્ત્રી સ્ટિફન હોકિંગે તેના બેસ્ટસેલર પુસ્તક A Brief History of Time ની



પ્રસ્તાવનામાં લખ્યું છે કે વર્ણન સાથે ટાંકેલી દરેક મેથેમેટિકલ ફોર્મ્યુલા પુસ્તકના વેચાણને અડધું કરી નાખે. હોકિંગના ડરને 'આઇનસ્ટાઇન અને સાપેક્ષવાદ' માટે અહીં પડકાર તરીકે સ્વીકારીને કેટલીક ફોર્મ્યુલાઓ સામેલ કરી છે. આ રહ્યું પ્રોમિસરૂપી બીજું ગેરન્ટી કાર્ડ :

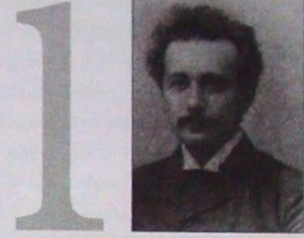
ગણિત સાથે દુશ્મનાવટ હોય તો પણ જે તે ફોર્મ્યુલા ન સમજાય, જાતે ગણી ન શકાય અને છેવટે ગણીને સમજાયા બાદ મગજમાં સનસનાટી ન ફેલાય એવું બનવાનું નથી. આઇનસ્ટાઇને વર્ષો પહેલાં જે અટપટાં સૂત્રો માંડ્યાં તેમને આજે કેલ્ક્યુલેટર વડે જાતે ચકાસવાની મજા પણ ઓર છે.

બને તો સાયન્ટિફિક કેલ્ક્યુલેટર અથવા તો ૧૦-૧૨ ડિજિટનું સાદું કેલ્ક્યુલેટર હાથવગું રાખો અને મગજ પણ 'હાથવગું' રહે એ માટે ફક્ત વાંચવામાં ધ્યાન રાખો. આઇનસ્ટાઇનના સાપેક્ષ/relative કહેવાતા બ્રહ્માંડમાં રોલરકોસ્ટર જેવી રાઇડ શરૂ થાય છે.■

*--નગેન્દ્ર વિજય*



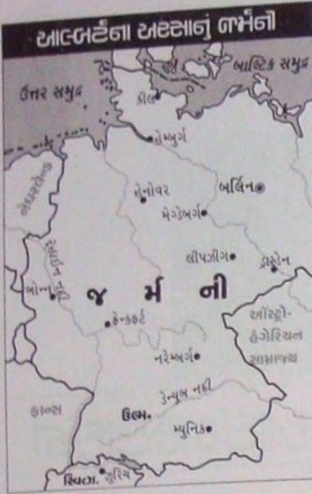
# 1



# આલ્બર્ટમાંથી ડૉ. આઇનસ્ટાઇન

ઇતિહાસને અને વિજ્ઞાનને ક્રાંતિકારી મોડ આપવા માટે કેટલાક લોકો મોહનદાસ કરમચંદ ગાંધી અને થોમસ આલ્વા એડિસનની જેમ બરાબર અણીના મોકે જન્મ લેતા હોય છે. હિટલરની જેમ અમુક લોકો ભૂગોળને બદલવા માટે યોગ્ય મોકે પેદા થાય છે. બાકીના અસંખ્ય લોકો એવી બહુમતી સંખ્યાના કે જેમણે એ ત્રણેય ક્ષેત્રોમાં મચતી સારી-નરસી ઉથલપાથલોના ફક્ત પ્રેક્ષક બની રહેવું પડે છે.

માર્ચ ૧૪, ૧૮૭૯ ના રોજ ડેન્યૂબ નદીના કાંઠે પ્રાચીન જર્મન શહેર ઉલ્મમાં આલ્બર્ટ હેરમાન આઇનસ્ટાઇન ભૂગોળ સાથે તો જન્મજાત દુશ્મની સાથે જન્મ્યો હતો. વિષય તરીકે જ નહિ, પરંતુ યુવાનીકાળ દરમ્યાન તેને વ્યવહારમાં પણ ભૂગોળ સાથે મુદ્દલે નાતો રહેવાનો ન હતો. યુવાનીનાં ઘણાં વર્ષ તેણે 'સ્ટેટલેસ પર્સન' તરીકે વીતાવવાની (જાતે વહોરી લીધેલી) નોબત આવવાની હતી. દુનિયાની ભૂગોળના નકશા પર દેખાતા એકેય દેશનો નાગરિક નહિ! વિજ્ઞાનની બાબતમાં એવું કહી શકાય કે તેનો જન્મ અણીના મોકે થયો હતો. આઇઝેક ન્યૂટન, માઇકલ ફેરાડે, એન્તોઇન લેવોઝિએ, ક્રિશ્ચિયન ડોપ્લર, જેમ્સ મેક્સવેલ, હાઇનરિશ હર્ટ્ઝ, આલ્બર્ટ માઇકલસન વગેરે ભૌતિકનિષ્ણાતોએ ઓગણીસમી સદીના અંત સુધીમાં આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીના અને જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીના સર્જન માટે યોગ્ય પ્લેટફોર્મ તૈયાર કરી નાખ્યું હતું. વર્ષો પછી આઇનસ્ટાઇન તે સૌને આવા શબ્દોમાં બિરદાવવાનો હતો : 'બ્રહ્માંડમાં મારી નજર બહુ દૂર સુધી પહોંચી શકી, કારણ કે હું મારા વિરાટ કાઠીના પુરોગામીઓના ખભા પર ઊભો હતો.'




ઇતિહાસની વાત કરો તો એ બાબતે આઇનસ્ટાઇનનો જન્મ ખરેખર કસમયે અને વળી યહૂદી કુટુમ્બમાં થયો હતો. બ્રહ્માંડમાં 'ઉથલપાથલ' મચાવવાને સર્જાયેલો આઇનસ્ટાઇન જન્મ્યો ત્યારે જર્મનીમાં ઉથલપાથલ મચી રહી હતી. લગભગ ૨૦૦ વર્ષ સુધી જર્મની છૂટક રજવાડાંમાં વેરવિખેર હતું. પ્રિન્સ ઑટો વૉન બિસ્માર્કે પોતાની લોખંડી પ્રતિભા અને ચાણક્યનીતિ વડે રજવાડાંને સંગઠિત કરી ૧૮૭૧ માં જર્મન સામ્રાજ્ય રચ્યું. પરિણામે દેશાભિમાનનો જે પહેલવહેલો વાયરો ફૂંકાયો તેણે યહૂદી લોકોને અડફેટે લીધા, કારણ કે તેમનું લોહી 'જર્મન' ન હતું અને તેઓ ખ્રિસ્તી પણ ન હતા. બેલ્જિયમ, ઑસ્ટ્રિયા-હંગેરી, ફ્રાન્સ તથા પોલેન્ડ સહિત બધા યુરોપી દેશોને પછી તો જર્મનીનો ચેપ લાગ્યો. યહૂદીઓ બધે તિરસ્કૃત બન્યા. ઉલ્મમાં આલ્બર્ટના પિતા હેરમાન આઇનસ્ટાઇનનું કુટુમ્બ પણ તરછોડાતું હતું. સામાજિક બહિષ્કાર ઉપરાંત ધંધાકીય સ્પર્ધાને લીધે પણ હેરમાનનો ઇલેક્ટ્રિક સરંજામનો બિઝનેસ પડી ભાંગ્યો. ઉલ્મની વસ્તી માંડ ૧,૫૦૦ જેટલી હતી, જેમાં હેરમાનની યહૂદી અસલિયત જલદી નજરે ચડી આવતી હતી. આથી મોટા શહેરમાં 'ખોવાઇ' જવા માટે જૂન, ૧૮૮૦ માં (આલ્બર્ટના જન્મ પછી બીજે વર્ષે) કુટુમ્બે ઘરવખરી સમેટી ઉલ્મ છોડ્યું અને મ્યુનિક ગયું, જ્યાં

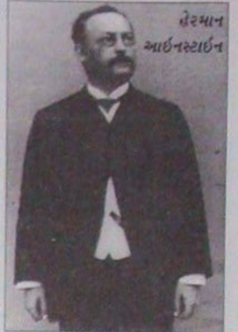
■ ઉલ્મ ખાતેનું ઐતિહાસિક મકાન, જ્યાં આલ્બર્ટનો (જમણો ફોટો) જન્મ થયો












હેરમાનનો ભાઇ જેકબ ઇલેક્ટ્રિક સરંજામનો જ બિઝનેસ ચલાવતો હતો.

ઇલેક્ટ્રિક આર્ક લાઇટ, બેટરી અને ડાયનેમો બનાવતી જેકબની ફેક્ટરીમાં હેરમાન ભાગીદાર થયો. ઘરવખરી સાથે પોતાના દુર્ભાગ્યને પણ તે સાથે લેતો આવ્યો હતો. પાંચ વર્ષ પછી જેકબનો અને હેરમાનનો સહિયારો ધંધો ચોપટ થયો. આ વખતે જર્મન કંપની સીમેન્સ નડી, જેણે ઇલેક્ટ્રિસિટીના દરેક ક્ષેત્રમાં પોતાનો ઇજારો સ્થાપવો શરૂ કર્યો હતો. આશરે ૨,૩૦,૦૦૦ ની વસ્તીના મ્યુનિક શહેરમાં હેરમાનને 'ખોવાઇ' જવું હતું. નાણાંકીય રીતે સાચે જ એવું બન્યું. આશ્વાસનની વાત હોય તો એટલી કે મ્યુનિક આવ્યા પછી ૧૮૮૧ માં આલ્બર્ટની બહેન માજાનો જન્મ થયો હતો. માતા-પિતા માટે ચિંતાનો વિષય જો કે આલ્બર્ટ હતો. છઠ્ઠે વર્ષે પણ તે હજી બોલતા શીખ્યો ન હતો. (બોલવાની સંતોષકારક આવડત તો નવ વર્ષ સુધી ખીલવાની ન હતી.) માતા-પિતાએ ૧૮૮૫ માં પ્રાથમિક શિક્ષણ માટે તેને શહેરની કેથોલિક શાળામાં મૂક્યો.

આ શાળામાં આલ્બર્ટને પોતે યહૂદી હોવાનો પહેલો અહેસાસ થયો. ઇતિહાસના પિરિઅડ વખતે શિક્ષકે વિદ્યાર્થીઓ સમક્ષ ખીલો રજૂ કરી જણાવ્યું કે, 'જિસસ ક્રાઇસ્ટને આવા ખીલા વડે જીવતાજીવત વધસ્થંભ પર જડી લેવાયા હતા.' શિક્ષકનો ઇશારો જેરૂસાલેમના યહૂદી સત્તાધીશો પ્રત્યે હતો, જેમણે ઇસુ પર રાજદ્રોહનો આરોપ મૂકી તેમને પકડ્યા હતા અને મોતના હવાલે કર્યા હતા. શાળાનું વાતાવરણ બધી રીતે કેથોલિક ધર્મને જ અનુરૂપ હતું, પણ હેરમાન પોતે ફક્ત કહેવા પૂરતો યહૂદી હતો. કોઇ યહૂદી તહેવાર ન પાળવો, યહૂદી દેવળ સિનગૉગમાં ન જવું અને દેવળના યહૂદી ધર્મગુરુઓને બીજા સહધર્મી લોકોની જેમ ન મળવું એ તેનો સ્વભાવ હતો. પરિણામે આલ્બર્ટ કેથોલિક શાળામાં જાય એ વાતે હેરમાનને કશો ફરક પડતો ન હતો. આ શાળા આલ્બર્ટ માટે કશો ફરક પાડી ન શકી, કેમ કે જર્મન બારાખડીનો કક્કો પણ તેના ભેજામાં ન ઉતર્યો.




ભવિષ્યમાં માત્ર ૨૬ વર્ષની વયે બ્રહ્માંડનો સૌથી રોમાંચક ભેદ શોધી કાઢી આખા વિજ્ઞાનજગતને ખળભળતું કરી દેનાર આલ્બર્ટ તેની બાલ્યાવસ્થામાં આટલી હદે 'ઢ' હોવાનું શું કારણ ? વ્યાધિનું નામ પાડ્યા વગર દાકતરોએ નિદાન કર્યું કે ઘણાં બાળકોનું મગજ નાનપણમાં અણવિકસિત રહે તેમ આલ્બર્ટના મગજનો પણ વિકાસ

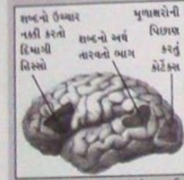
થયો ન હતો. આધુનિક તબીબીશાસ્ત્ર પ્રમાણે આવા વ્યાધિને Dyslexia/ડિસ્લેક્સિઆ કહેવાય, જેની તકલીફ અનુભવતા બાળકને ન બરાબર વાંચતા આવડે, ન તે વિચારી શકે કે ન બોલી જાણે. (જુઓ, *'એક નજર આ તરફ'*.) સાચે જ એમ હોય તો આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનનું નામ પેલા લિઓનાર્દો દ વિન્ચી અને નીલ્સ બોહ્ર જેવા ડઝનેક ખોપરીબાજોની સૂચિમાં ઉમેરવું જોઇએ, કેમ કે તેઓ પણ ડિસ્લેક્સિઆના શિકાર હતા.



### એક નજર આ તરફ

*ડિસ્લેક્સિઆ નામના વ્યાધિની સર્વપ્રથમ નોંધ 'બ્રિટીશ મેડિકલ જર્નલ'ના નવેમ્બર, ૧૮૯૬ના અંકમાં લેવાઇ ત્યારે પ્રિંગલ મોર્ગન નામના તબીબલેખકે લિઓનાર્દો દ વિન્ચી જેવા કેટલાક નામાંકિત પીડિતોનો તેમાં ઉલ્લેખ કર્યો હતો. આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનને તે નામાવલિમાં સ્થાન ન મળે એ સ્વાભાવિક હતું, કારણ કે આઇનસ્ટાઇનનું નામ ગાજતું થવાને ૧૯ વર્ષની હજી વાર હતી. આલ્બર્ટને ખરેખર એ જ રોગ હોવાનું પાકું નિદાન પણ થયું ન હતું, છતાં બધાં લક્ષણો ડિસ્લેક્સિઆનાં હતાં.*

*આ રોગમાં બાળકની વાંચનક્ષમતા ખીલી હોતી નથી, જે ખરૂં જોતાં તેની ઉંમર પ્રમાણે ખીલવી જોઇએ. નોર્મલ બાળક અંગ્રેજી CAT જેવો શબ્દ વાંચે ત્યારે C, A અને T મૂળાક્ષરોની ઓળખ તેના Cortex/મસ્તિષ્કના પૃષ્ઠભાગમાં થાય છે. (નીચેનું ચિત્ર.) મગજનો બ્રોકા નામનો ભાગ ત્રણેય મૂળાક્ષરોના સંયુક્ત ઉચ્ચાર કે...એ...ટ...નું પ્રોસેસિંગ કરી એ માહિતી લલાટ પાસેના જાયરસ કહેવાતા દિમાગી હિસ્સાને મોકલે છે. જાયરસનું કામ શબ્દનો અર્થ તારવવાનું છે.*




*આ સીધીસાદી લાગતી, છતાં બહુ અટપટી રીતે થતી ક્રિયાનો 'બચુડા' આલ્બર્ટના મગજમાં કદાચ અભાવ હતો. પરિણામે નવમે વર્ષે પણ તે પોતાની માતૃભાષા જર્મન કડકડાટ બોલી શકતો ન હતો. અલબત્ત, છવ્વીસ વર્ષે તે પુરબહારમાં બોલ્યો ત્યારે આખું વિજ્ઞાનજગત તેને મૂંગે મોઢે અને માનભેર સાંભળી રહ્યું. રિલેટિવિટીએ જાણે બધા વિજ્ઞાનીઓના હોઠ સીવી લીધા.*■

વિજ્ઞાની બનવા માટેની પહેલી શરત જેવી કુતૂહલવૃત્તિ જો કે આલ્બર્ટમાં ખીલવા માંડી હતી, પરંતુ એ વૃત્તિનો સળવળાટ શાળાને બદલે ઘરના વાતાવરણને આભારી હતો. શરૂઆત તેની માતા પોલિને કરી. છ વર્ષની ઉંમરના આલ્બર્ટને તેણે વાયોલિન આપ્યું, સંગીતના પાઠ શીખવ્યા અને વગાડતો પણ કરી દીધો. એન્જિનિઅર કાકા જેકબે બીજગણિતમાં રસ લેતો કર્યો. અઘરા વિષયને સરળ બનાવવાની જેકબ પાસે ગજબ હથોટી હતી. (દા. ત. 'કોઇ ભાગેડુ પ્રાણી આપણા હાથમાં ન આવે ત્યાં સુધી તેને X કહેવાય અને પકડ્યા બાદ એ પ્રાણીને તેના જે તે નામે ઓળખવું જોઇએ. બીજગણિતમાં પણ જેને પકડવા માગતા હો તે જવાબને X કહે છે.') હેરમાને ફેક્ટરીનું નકામું પડેલું હોકાયંત્ર લાવી આલ્બર્ટના હાથમાં મૂક્યું અને ચુંબકત્વનો ભેદ સમજાવ્યો અને કદાચ પહેલી વખત તેને વિજ્ઞાનની દિશામાં વિચારતો કરી દીધો. આ સામાન્ય પ્રસંગ કદાચ સૌથી મહત્ત્વનો પૂરવાર થવાનો હતો. વર્ષો પછી આઇનસ્ટાઇને પોતે કબૂલ્યું તેમ પિતાએ તેને લાવી આપેલા ટચૂકડા મેગ્નેટે તેના મગજમાં સવાલ જગાડ્યો કે, 'આ પદાર્થમાં ચુંબકીય ઊર્જા કેમ છે ?' આ સવાલ તેના સાપેક્ષવાદનું પ્રથમ વિચારબીજ હતો, જેનો અંકૂર ફૂટ્યા પછી બીજા અનેક સવાલો





તેના મનમાં પેદા થતા રહ્યા. વખત જતાં એ જ સવાલોએ તેને વિદ્યુતચુંબકત્વ, પ્રકાશ, ઊર્જા, પદાર્થ અને છેવટે સાપેક્ષવાદની થિઅરી સુધી પહોંચાડ્યો એવું તેણે પોતે વર્ષો પછી કબૂલ્યું.

હેરમાને ૧૮૮૮ માં નવ વર્ષના આલ્બર્ટની શાળા બદલી. લ્યૂટપૉલ્ડ જિમ્નેશિયમ નામની સ્કૂલમાં પ્રવેશ અપાવ્યો. વિદ્યાર્થીઓને ત્યાં અંગકસરતની તાલીમ જરૂર અપાતી, છતાં નામ ભ્રામક હતું. સ્કૂલ માત્ર સ્કૂલ હતી. અહીંનું ભણતર પણ આલ્બર્ટને કોઠે ન પડ્યું, બલકે ભણવામાં તેને રસ જ ન હતો. લશ્કરી શિસ્તપાલનનો આગ્રહ રાખતા શિક્ષકો દીઠા ગમતા ન હતા. (આલ્બર્ટના જ શબ્દોમાં : 'કેથોલિક સ્કૂલના શિક્ષકો સાર્જન્ટ જેવા હતા, તો લ્યૂટપૉલ્ડ જિમ્નેશિયમના શિક્ષકો મને લેફ્ટનન્ટ જેવા લાગ્યા.') અલબત્ત, ઘરનો માહોલ તેના 'અણવિકસિત' મગજને ખાતરપાણી મળી રહે એ રીતે આપોઆપ સુધરી રહ્યો હતો. રશિયાથી કંટાળીને પાછા જર્મની આવેલા મામા સ્યોઝર કોહ્કે તેને મોડેલ સ્ટીમ એન્જિન ભેટ આપ્યું. હોકાયંત્ર તપાસીને મેગ્નેટિઝમ વિશે જાણ્યા પછી આલ્બર્ટે વરાળની ઊર્જા/Energy નો પોતાની એ વખતની સમજ પ્રમાણે અભ્યાસ કર્યો. ઊર્જાને લગતા ભૌતિકશાસ્ત્રીય સિદ્ધાંતો તેને કાકા જેકબે સમજાવ્યા. વિજ્ઞાન પ્રત્યે અભિરૂચિ ખીલવાની તે હજી શરૂઆત હતી.



■ *યુવાન વયે પહોંચેલા આલ્બર્ટની તસવીર*

આલ્બર્ટના મગજને એ તરફ વાળતી બીજી સુખદ ઘટના ૧૮૮૯ માં બની. મ્યુનિક યુનિવર્સિટીમાં ભણતો હેરમાનના યહૂદી ડૉક્ટરમિત્રનો નાનો ભાઇ હેરમાનને ત્યાં જમવા માટે આવ્યો ત્યારે આલ્બર્ટને તેણે લોકભોગ્ય વિજ્ઞાનને લગતું પુસ્તક ભેટ આપ્યું. પાઠ્યપુસ્તકોના ઉલાળિયા કરવાને ટેવાયેલા આલ્બર્ટ માટે એ 'ટર્નિંગ પોઇન્ટ' હતો. ગેલિલિયો, આર્કિમિડિઝ, ન્યૂટન, ફેરાડે અને લેવોઝિએ જેવા ધુરંધરોને તેણે એ પુસ્તક દ્વારા પહેલી વાર ઓળખ્યા. વિચારશક્તિ ખીલતી રહી અને બીજી તરફ શાળા પ્રત્યે વૈરાગ્ય દિવસોદિવસ વધતું રહ્યું. શાળાની 'પ્રતિષ્ઠા'ને ધ્યાનમાં લેતાં છેવટે હેડમાસ્તરે એ ઠોઠ નિશાળિયાને કાઢી મૂક્યો. આમાં હેડમાસ્તરનો દોષ ન હતો તેમ આલ્બર્ટનો પણ નહિ. શાળાના અભ્યાસક્રમ પ્રમાણે ઇંગ્લિશ, ફ્રેન્ચ, બોટની અને ઝૂઓલોજિ જેવા વિષયો ફરજિયાત હતા, જેમાં આલ્બર્ટને જરાય દિલચશ્પી ન હતી અને તે અણગમો તેની છેલ્લી માર્ક શીટમાં પણ વ્યક્ત થતાં આખરે તેને 'ઠોઠ'ની મહોર લાગી હતી. આ ચારેય વિષયોમાં તે નાપાસ થયો હતો. અલબત્ત, હેડમાસ્તરે તેને ડિપ્લોમા કોર્સ માટે સ્વિત્ઝરલેન્ડના આરાઉ નગરની કેન્ટોન સ્કૂલમાં પ્રવેશ મેળવી આપવાની તૈયારી દેખાડી, કેમ કે ડિપ્લોમા મેળવ્યા પછી તે આગળ કોલેજનો અભ્યાસ કરી શકે તેમ હતો. લ્યૂટપૉલ્ડ જિમ્નેશિયમને છોડીને આલ્બર્ટ બહાર નીકળ્યો ત્યારે ગ્રીક ભાષાનું વ્યાકરણ શીખવનાર, પણ શીખવાડી ન શકેલા જોસેફ ડેગેનહાર્ટ નામના શિક્ષકનું વાક્ય તેના મનમાં

ઘોળાતું હતું : 'Nothing would ever become of you.' ('તું કંઇ જ બની શકવાનો નથી.') આ ધરતી પર કદાચ કશું બની ન શકાય, પરંતુ આલ્બર્ટ માટે બ્રહ્માંડ તો ખૂલ્લું પડ્યું હતું !

શાળામાંથી આલ્બર્ટ ડિસમિસ થયો એ વર્ષ ૧૮૯૪ નું હતું. પિતા હેરમાન માટે હવે તે ગહેરી ચિંતાનો વિષય બન્યો. સ્કૂલ લીવિંગ સર્ટિફિકેટ જોયા પછી આલ્બર્ટને સલાહ આપી : 'ક્યાંક નોકરી શોધ અને કામે લાગી જા.' આંખો કે અંધે ઔર નામ નયનસુખ જેવો આલ્બર્ટનો જવાબ હતો : 'મારે તો ભૌતિકશાસ્ત્રી બનવું છે.' શાળાનું ભણતર અધૂરૂં રહ્યું હતું અને કોલેજના દરવાજા બંધ હતા, છતાં પંદર વર્ષનો દીકરો ભૌતિકશાસ્ત્રી બનવાના સ્વપ્નોમાં રાચે એ વાતે પિતાની ચિંતા ઓર વધી પડી. કંઇ નહિ તો આલ્બર્ટ સાવ અશિક્ષિત ન ગણાય એટલા માટે પિતાએ તેને આરાઉ મોકલવાનું નક્કી કર્યું. પિતાનો નિર્ણય પુત્રને ગમ્યો, કેમ કે ડિપ્લોમા મેળવ્યા પછી તેને સ્વિત્ઝરલેન્ડના ઝુરિચ શહેરની સ્વિસ પોલિટેક્નિક ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં એન્ટ્રન્સ પરીક્ષા આપી ભૌતિકશાસ્ત્રનો અભ્યાસ કરવો હતો.


■ સ્વિસ પોલિટેક્નિક ઇન્સ્ટિટ્યૂટનું ભવ્ય મકાન

૧૮૯૫ માં આલ્બર્ટ સ્વિત્ઝરલેન્ડ ગયો, આલ્પ્સ પર્વતો વડે ઘેરાયેલા ગિરિમથક જેવા આરાઉની કેન્ટોન સ્કૂલમાં જોડાયો અને લ્યૂટપૉલ્ડ જિમ્નેશિયમનું અધૂરૂં રહેલું ભણતર આગળ ચલાવ્યું. સ્વિસ શિક્ષણપદ્ધતિ જર્મની કરતાં જુદી હતી. શિક્ષકો વર્ષો થયે ગોખી રાખેલા પાઠો જંગબારી પોપટની જેમ બોલી જતા ન હતા. દરેક લેક્ચર યુનિવર્સિટીની ઊચ્ચતર પદ્ધતિએ અને ક્યારેક પરિસંવાદના ધોરણે લેવાતું હતું. વિદ્યાર્થીઓ માટે દરેક વર્ગદીઠ નહિ, પણ દરેક લેક્ચરદીઠ જુદો ક્લાસ હતો. ચિત્રો, તસવીરો, આકૃતિઓ તેમજ પ્રયોગો દ્વારા જે તે વિષયની સમજણ અપાતી હતી. આલ્બર્ટ માટે રસના અને નીરસતાના વિષયો જો કે બદલાયા નહિ. એક વખત ભૂસ્તરશાસ્ત્રના પ્રેક્ટિકલ અભ્યાસ માટે આલ્બર્ટે બીજા વિદ્યાર્થીઓ સાથે પર્વત ચડવાનો થયો. સૌ ટોચ સુધી પહોંચ્યા ત્યારે શિક્ષકે આલ્બર્ટને સવાલ કર્યો : 'આ ખીણના ભૂસ્તરીય પોપડા નીચેથી ઉપર તરફ પથરાયા છે કે ઉપરથી નીચે તરફ?' આલ્બર્ટે જવાબ આપ્યો : 'ગમે તે તરફ પથરાયા હોય, પણ મને તો બધે સરખા જણાય છે.'

ભૌતિકશાસ્ત્ર પ્રત્યે આલ્બર્ટને જેટલું આકર્ષણ હતું એટલું જ ભૂસ્તરશાસ્ત્ર સહિત બીજાં શાસ્ત્રો પ્રત્યે અપાકર્ષણ હતું. એક રીતે જોતાં તેના મગજની ગાડી એકમાર્ગી રહી તે સારૂં થયું, કેમ કે ઘણા પાટે ચાલી હોત તો કદાચ સાપેક્ષવાદની થિઅરીનો આવિષ્કાર થાત નહિ. આલ્બર્ટના સદ્ભાગ્યે ભૌતિકશાસ્ત્રનો શિક્ષક ઑગસ્ટ ટશ્મિડ પોતે બાહોશ વિજ્ઞાની હતો. આ શિક્ષકે જ આલ્બર્ટના મગજમાં સાપેક્ષવાદનું પહેલું વિચારબીજ એમ કહીને રોપ્યું કે, 'વિજ્ઞાન સામે





આજે સૌથી મોટો પડકાર એ છે કે ન્યૂટને આપેલા ગુરુત્વાકર્ષણના સિદ્ધાંત અને માઇકલ ફેરાડેએ આપેલા વિદ્યુતચુંબકત્વના સિદ્ધાંત વચ્ચે મેળ કેમ બેસાડવો ?' વર્ષો પછી વિદ્યુત-ચુંબકત્વનો સિદ્ધાંત આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીને અને ગુરુત્વાકર્ષણનો સિદ્ધાંત જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીને જન્મ આપવાનો હતો, પણ ત્યારે એ વાતની કલ્પના ટશ્મિડને ન હતી તેમ આઇનસ્ટાઇનને પણ ન હતી. વખતનાં બેય વાજાં વખતે જ વાગવાનાં હતાં.

દરમ્યાન આલ્બર્ટે પોતાનું ગજું માપ્યા વગર સ્વિસ પોલિટેક્નિક ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં ડિપ્લોમા કોર્સના અભ્યાસી હોવાના નાતે ભાવિ પ્રવેશ માટે એન્ટ્રન્સ પરીક્ષા આપી. સ્વાભાવિક રીતે નાપાસ ઠર્યો. અંગ્રેજીમાં કહેવત છે કે ઘોડાને પાણીકાંઠે દોરી જઇ શકો, પરંતુ તેને પાણી પીતો કરી શકાય નહિ. પાણી તેણે જાતે પીવું જોઇએ. પિતા હેરમાને પોતાના અડિયલ 'ઘોડા'ને આરાઉ સુધી પહોંચાડ્યો હતો, પણ તે ભૂસ્તરશાસ્ત્ર, ઝૂઓલોજિ અને વનસ્પતિશાસ્ત્ર જેવા વિષયોને મોઢું અડકાડવા પણ તૈયાર ન હતો. અલબત્ત, ઇન્સ્ટિટ્યૂટે જાકારો આપ્યા પછી આલ્બર્ટને પોતાની ભૂલ સમજાઇ, એટલે તેણે નિષ્ઠાપૂર્વક ડિપ્લોમા કોર્સ પૂરો કર્યો. ત્રીસેક કિલોમીટર છેટે ઝુરિચમાં આવેલી પોલિટેક્નિક ઇન્સ્ટિટ્યૂટનાં દ્વાર તેના માટે ખૂલ્યાં. બીજી પરીક્ષામાં તે ઉત્તીર્ણ થયો. ઇન્સ્ટિટ્યૂટના પ્રવેશ ફોર્મમાં 'નાગરિકત્વ' શબ્દ સામે તેણે લખ્યું : 'ક્યાંયનું નહિ.'

સાચી વાત હતી. જર્મની છોડ્યા પછી લોકતાંત્રિક સ્વિત્ઝરલેન્ડના મોકળા રાજકીય વાતાવરણમાં આલ્બર્ટના વિચારોને મુક્તિનો અનુભવ થયો હતો. યહૂદીઓ પ્રત્યે જર્મનોની નફરત તેને હૃદયમાં ભોંકાતી હતી. ફ્રાન્સ, બેલ્જિયમ, પોલેન્ડ અને બીજા દરેક યુરોપી દેશમાં યહૂદીઓ તરછોડાતા હતા, એટલે હજી તે સગીર વયનો હોવા છતાં જર્મનીનું નાગરિકત્વ તજી દેવા તેણે જર્મન સરકારને પત્ર મોકલ્યા પછી નક્કી કરેલું કે યહૂદી પ્રજાને તિરસ્કૃત કરતા બીજા યુરોપી દેશોનું પણ નાગરિકત્વ અપનાવવું નહિ. સ્વિત્ઝરલેન્ડની વાત જુદી



### બીજી નજરે આ તરફ

*'યહૂદીઓ અને સીદીઓ વચ્ચે બહુ તફાવત નથી. ઉલ્લેખનીય તફાવત હોય તો એ કે યહૂદી પાસે સીદી જેટલો શારીરિક શ્રમ કરવાની ત્રેવડ નથી. બાકી તો કુદરતે એને પણ સાવ ટચૂકડું મગજ આપ્યું છે.'*

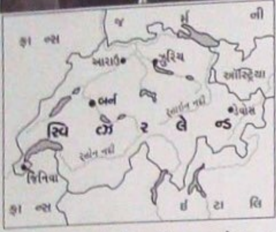
*આ તેજાબી શબ્દો પ્રિન્સ બિસ્માર્કની સરકારના એન્ટિ-યહૂદી નેતા હેરમાન વેગનરે ઉચ્ચાર્યા ત્યારે તેને ખબર નહોતી કે દરેક શબ્દને હાસ્યાસ્પદ ઠરાવે એવો યહૂદી છોકરો જર્મનીના ઉલ્મ નગરમાં જન્મી ચૂક્યો છે. આલ્બર્ટ નામના એ છોકરાની જ નહિ, પણ આખી યહૂદી કોમની વાત કરો તો તેના સભ્યોને કુદરતે બક્ષેલા ઉપજાઉ મગજનું પ્રમાણ આજે નોબેલ પારિતોષિકોની સૂચિમાં મળી રહે છે. આ પારિતોષિકો પર યહૂદીઓની લગભગ મોનોપોલી છે. ૧૯૦૧થી શરૂ કરીને ૨૦૦૩ સુધીમાં યહૂદીઓને તબીબીશાસ્ત્રનાં ૪૯, ભૌતિક-શાસ્ત્રનાં ૩૮, રસાયણશાસ્ત્રનાં ૨૨, અર્થશાસ્ત્રનાં ૧૩, સાહિત્યનાં ૧૧ અને શાંતિના ૮ એમ કુલ ૧૪૧ નોબેલ પારિતોષિકો એનાયત કરાયાં છે. બીજી તરફ જગતમાં તેમની વસ્તી બીજી પ્રજાની સરખામણીએ પૂરા ૦.૨% પણ નથી. મગજ તો નહિ, પણ વસ્તીઆંક જરૂર ટચૂકડો છે.■*





હતી. આ દેશ તટસ્થ હતો. કોઈ યુદ્ધમાં અગાઉ કદી સંડોવાયો ન હતો અને તટસ્થતા એટલી હદની કે તેને પોતાની વિદેશનીતિ પણ ન હતી. અહીં યહૂદીઓ નિશ્ચિંત જીવે રહી શકતા હતા.

આલ્બર્ટે તેનો પત્ર સોળ વર્ષની ઉંમરે લખ્યો હતો. જાન્યુઆરી ૨૮, ૧૮૯૬ ના દિવસે જર્મન સરકારે તેનું નાગરિકત્વ રદ કર્યું, એટલે તે 'સ્ટેટલેસ પર્સન' બન્યો. જર્મન બોલતો આલ્બર્ટ પોતાને staatenlos (અંગ્રેજીમાં stateless) તરીકે ઓળખાવવા લાગ્યો. ભવિષ્યમાં આખા બ્રહ્માંડનો વિહાર કરવાની દિમાગી ક્ષમતા કેળવનાર આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈન માટે બલિ રાજાની ધરતી પર ક્યાંય પગ મૂકવાની જાણે કે જગ્યા ન હતી. નાગરિકની રૂએ તો સ્વિત્ઝરલેન્ડમાં પણ નહિ, કેમ કે ત્યાંના કાયદા મુજબ તેણે અરજી કરતી વખતે સેંકડો ફ્રાન્કની રકમ ભરવા ઉપરાંત બે શરતોનું પાલન કરવાનું હતું. પાંચ વર્ષ તેણે સ્વિત્ઝરલેન્ડમાં રહેવાનું હતું અને કાયમી નોકરી મેળવ્યાનો પુરાવો રજૂ કરવાનો હતો.




■ સ્વિત્ઝરલેન્ડના બર્ન શહેરની પેટન્ટ ઑફિસ, જ્યાં આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનને (તસવીરમાં છેક પાછળ) તૃતીય શ્રેણીના પેટન્ટ ક્લાર્કની નોકરી મળી

ડિપ્લોમા હાંસલ કર્યા બાદ આલ્બર્ટ ઝુરિચ ખાતેની સ્વિસ પોલિટેક્નિક ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં જોડાયો ત્યારે તેની ઇચ્છા તો ભૌતિકશાસ્ત્રી બનવાની હતી, પરંતુ ઇન્સ્ટિટ્યૂટનું મૂળભૂત કાર્ય દર વર્ષે શાળા-કોલેજો માટે વિજ્ઞાનના શિક્ષકોનો નવો 'ફાલ' તૈયાર કરવાનું હતું. આથી ચાર વર્ષ પછી તે ગ્રેજ્યુએટ થાય ત્યારે ફિઝિક્સના ટીચર બનવા સિવાય બીજી કારકિર્દી પસંદ કરવાની તક મળવાની ન હતી. છેવટે એ કામ પણ તેને સ્વીકાર્ય હતું. આર્થિક સ્થિતિ જોતાં આલ્બર્ટ માટે સવાલ તેની મનપસંદ કારકિર્દીની તક નહિ, પણ રોજીરોટી મેળવવાનો હતો. કાકા-મામા જેવાં આપ્તજનો મહિને દહાડે તેને કુલ ૧૦૦ ફ્રાન્ક મોકલતા હતા, જેમાંથી ૨૦ ફ્રાન્ક તે સ્વિસ નાગરિકત્વની અરજી ફી માટે બાજુ પર રાખતો હતો અને બાકીના પૈસા





નહાવાના સાબુ અને ટૂથપેસ્ટ જેવી ચીજોની ખરીદીમાં વપરાતા હતા. હાલત કંગાળ હતી. ભણવામાં તેનો દેખાવ પણ કંગાળ હતો. ચોથે વર્ષે ૬ માંથી ૪.૯૧ ના ગ્રેડ સાથે તે ગ્રેજ્યુએટ થયો, જ્યારે વર્ગના ઘણા ખરા વિદ્યાર્થીઓ પાંચ કરતાં વધુ ગ્રેડ સાથે પાસ થયા હતા.

બીજે વર્ષે ફેબ્રુઆરી ૨૧, ૧૯૦૧ ના રોજ આલ્બર્ટને સ્વિત્ઝરલેન્ડનું નાગરિકત્વ મળ્યું, પરંતુ નોકરીનું ઠેકાણું ન પડ્યું. શાળા-કોલેજોને મોકલેલી દરેક અરજી સાભાર અસ્વીકાર્ય ઠરી, કેમ કે વિજ્ઞાનના શિક્ષક બનવા માટેની શૈક્ષણિક લાયકાત તેની માર્ક શીટમાં દેખાતી ન હતી. પિતા હેરમાન માટે તો ન બદકિસ્મતીનો શ્રાવણ ઉતર્યો કે ન ખુશનસીબીનો ભાદરવો બેઠો. સગાવહાલાંનું અહેસાન માથે ચડાવી દીકરાને આટઆટલું ભણાવ્યા છતાં પૈસેટકે એ પગભર ન થયો તેનો સંતાપ હેરમાનને કોરી ખાતો હતો. આલ્બર્ટ વધારે દુ:ખી હતો, કેમ કે નોકરી માટે અઠવાડિયે બે-ત્રણ અરજીઓ કર્યા પછી જાકારાનો નનૈયો તેણે સાંભળવાનો થતો હતો. આમાં પોતાનો દોષ કેટલો એ પ્રશ્ન તેને સતત પરેશાન કરતો રહ્યો. શિક્ષકની નોકરી માટે શાળા-કોલેજોને તેના ડિપ્લોમાની કે ડિગ્રીની આવશ્યકતા હોય તો એ ફરફરિયાં તેની પાસે હતાં, છતાં હવે તે ફરફરિયાં જ હતાં. કોઈક રીતે દીકરો થાળે પડે તેવી આશા સાથે પિતા હેરમાને એપ્રિલ ૧૩, ૧૯૦૧ ના રોજ જર્મન યુનિવર્સિટી લીપઝીગના પ્રો. વિલ્હેમ ઑસ્ટવાલ્ડને કાકલૂદીભર્યો પત્ર (જુઓ, પાનું ૨૦.) લખ્યો, જે વખત જતાં ઐતિહાસિક દસ્તાવેજ બની રહેવાનો હતો. પ્રોફેસરે તે કાગળનો જવાબ ન આપ્યો. માર્સેલ ક્રોસમેન નામના સ્વિસ પ્રોફેસરે છેવટે હતાશામાં ઘેરાયેલા આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનનો હાથ ઝાલ્યો અને સ્વિસ શહેર બર્નની પેટન્ટ ઑફિસમાં પોતાની લાગવગ વાપરી તેને નોકરીએ લગાડી દીધો. હોદ્દો હતો : પેટન્ટ ક્લાર્ક થર્ડ ક્લાસ. ફક્ત ક્લાર્ક અને તે પણ તૃતીય શ્રેણીનો.

આઈનસ્ટાઈન માટે કામ જો કે મનગમતું હતું. શોધખોળોની પેટન્ટ અરજીઓ તપાસવામાં અને તેમની ચકાસણી કરવામાં તેનો વૈજ્ઞાનિક જીવ સંતોષાતો હતો. આર્થિક ચિંતા હળવી બની, એટલે મગજને પણ વિજ્ઞાન તરફ વાળવાનો તેને અવકાશ મળ્યો. એક બાબતમાં સમયની પાબંદી નડી કે વિજ્ઞાનજગતમાં ચાલતાં સંશોધનોને લગતું બધું સાહિત્ય બર્નની સાયન્સ લાયબ્રેરીમાં આવતું હતું અને સાંજે પેટન્ટ ઑફિસ છૂટ્યા પછી આઈનસ્ટાઈનને સાયન્સ લાયબ્રેરી જવાની તક મળે ત્યાં સુધીમાં એ પુસ્તકાલયને તાળાં લાગી જતાં હતાં. પેટન્ટ લાયબ્રેરીનો નિયામક ડૉ. ફ્રેડરિક હેલર તેના માટે બીજો પ્રોબ્લેમ બની રહ્યો. દિવસે લન્ચ દરમ્યાન પોતાની વિચારનોંધ ટપકાવવા માટે આઈનસ્ટાઈનને થોડીક નવરાશ

■ આઈનસ્ટાઈન તેની પત્ની મિલ્યેવા સાથે



મળે ત્યારે હેલર ઓચિંતો ટપકી પડે અને નોંધનાં કાગળિયાં નજરે ચડે તો આઇનસ્ટાઇનને ખખડાવી નાખે. માત્ર ઘરે જતી-આવતી વખતે ભૌતિકશાસ્ત્ર વિશે થોડું ઘણું વિચારવાનો સમય મળતો હતો. બાકી તો ઘરે પણ ફુરસદ નહિ. ૧૯૦૨ માં મિલ્યેવા મેરિક નામની પત્નીએ તેના ઘરમાં પ્રવેશ કર્યા પછી ફુરસદે ઘરમાંથી વિદાય લીધી હતી. અમુક સમય તેણે પોતાના જિગરી મિત્ર માઇકેલ બિસ્સોને ફાળવવો પડતો હતો. માઇકેલ બિસ્સો પણ તેની જેમ બર્ન શહેરની પેટન્ટ ઑફિસમાં ક્લાર્ક હતો.

આઇનસ્ટાઇન માટે અંતે સુખદ ટર્નિંગ પોઇન્ટ આવ્યો. ૧૯૦૫ નું વર્ષ હતું. બિસ્સો સાથે આઇનસ્ટાઇન બર્ન શહેરની ભાગોળના રમણીય પ્રદેશમાં ચાલવા નીકળ્યો હતો. બેઉ જણા વખતોવખત આવો પ્રોગ્રામ ગોઠવતા, પણ એ સાંજે આઇનસ્ટાઇન બેચેન હતો. સૈરસપાટાની પદયાત્રા વખતે મોટે ભાગે ચર્ચાના વિષયો સંગીત કે ફિલ્સૂફી હોય, પરંતુ એ કોરાણે રહ્યા. વર્ષોથી આઇનસ્ટાઇનના મગજને સતાવી રહેલા છૂટાછવાયા અનેક પ્રશ્નો આજે પહેલીવાર એકસૂત્રે બંધાતા હોય અને તેમની વચ્ચે તાલમેળ ગોઠવાતો હોય એવું તેને લાગ્યું, જેના લીધે સતામણી ઘટવાને બદલે વધી હતી. કેટલાક પ્રશ્નો આમ હતા :


■ આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇન : પેટન્ટ ઑફિસના ક્લાર્ક તરીકે

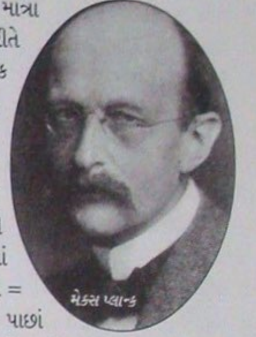
આલ્બર્ટ માઇકલસન અને એડવર્ડ મોર્લી નામના બે ભૌતિકવિદોએ પ્રકાશની ઝડપ સેકન્ડના લગભગ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર હોવાનું સાબિત કર્યું, પરંતુ એ ઝડપ શેના અથવા કોના સંદર્ભમાં માપવાની ? એક યાત્રી અંતરિક્ષયાનમાં બેસીને અરીસા સામે નજર માંડીને દાઢી કરતો હોય અને યાનની ઝડપ સેકન્ડના ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર હોય તો અરીસામાં તેને પોતાનો ચહેરો દેખાય કે નહિ ? આમ તો ન દેખાવો જોઇએ, કારણ કે ચહેરાએ ટ્રાન્સમીટ કરેલાં યાત્રીની આકૃતિનાં દ્રશ્યકિરણો જેટલા વેગે અરીસા તરફ જાય એટલી ઝડપે જ અરીસો પાછળ ખસી રહ્યો છે. પ્રતિબિમ્બિત કિરણો પાછાં આવવાનો પણ સવાલ ક્યાં રહ્યો ? પરંતુ એમ બનવું શક્ય ખરૂં ? કે પછી બ્રહ્માંડમાં પ્રકાશનો વેગ અફર છે અને પોતાના સ્રોતની (ચહેરાની કે અરીસાની) ઝડપને 'ધ્યાનમાં' લીધા વિના ત્રણ લાખની ઝડપને વળગી રહે છે ? જો એમ હોય તો યાત્રીને પોતાનો ચહેરો અરીસામાં દેખાવો જોઇએ.

બીજો પ્રશ્ન : વર્ષો પહેલાં એન્તોઇન લેવોઝિએ નામના ફ્રેન્ચ વિજ્ઞાનીએ પદાર્થ બાળીને તેની ભસ્મ, કાર્બનકણો, ધૂમાડો વગેરે એકઠા કર્યા બાદ અને તોલ્યા બાદ એવો નિષ્કર્ષ કાઢેલો કે બ્રહ્માંડમાં પદાર્થ જેટલો છે એટલો છે. પદાર્થને બાળી નાખો ત્યારે માત્ર તેનું સ્વરૂપ બદલાય





છે, પરંતુ ખુદ પદાર્થ તો ક્યાંય જતો નથી. બીજી તરફ માઇકલ ફેરાડે અને બીજા વિજ્ઞાનીઓ એમ સાબિત કરી ચૂક્યા કે બ્રહ્માંડમાં ઊર્જાની માત્રા (ઊર્જાસંરક્ષણના સિદ્ધાંત મુજબ) અફર છે. ઊર્જા પેદા કરી શકાતી નથી કે તેનો નાશ કરવો શક્ય નથી. ત્રીજી તરફ રેડિયમ જેવા કિરણોત્સર્ગી પદાર્થો નૈસર્ગિક રીતે ઊર્જાને વિકિરણોરૂપે મુક્ત કરતા રહે છે. આ ક્રિયા વર્ષો સુધી ચાલતી રહે છે, છતાં રેડિયમના જથ્થામાં દેખીતો ઘટાડો થયેલો જોવા મળતો નથી. કેમ નહિ ? અહીં તો ઊર્જાનું સર્જન થાય છે, જે ખરૂં જોતાં પોસિબલ નથી. ઊર્જાનો એકમાત્ર સ્રોત પદાર્થ જ સંભવે, માટે સ્વીકારવું પડે કે પદાર્થનું ઊર્જામાં રૂપાંતર થાય છે. પરંતુ લેવોઝિએના મતે તો પદાર્થ હંમેશા પદાર્થ રહે છે. માત્ર પોતાનું સ્વરૂપ બદલે છે, પણ તેનો જથ્થો કદી ઘટે નહિ. આમ છતાં રેડિયમના કેસમાં તો ઊર્જા બેશક પદાર્થના ભોગે જ પેદા થતી હોય--અને પાછી એ ઊર્જા કે જેને પેદા કરવી શક્ય નથી. આનો મતલબ શો કરવો ? બ્રહ્માંડમાં ઊર્જાની કુલ માત્રા ન બદલાતી હોય અને બ્રહ્માંડમાં પદાર્થની કુલ માત્રા પણ ન બદલાતી હોય અને છતાં રેડિયમ જે રીતે વર્તે છે એ રીતે વર્તતું હોય તો મતલબ એ થયો કે પદાર્થ અને ઊર્જા એકમેક કરતાં જુદી 'ચીજો' નથી. એક 'ચીજ'નાં બે જુદાં સ્વરૂપો છે. એ જ રીતે પ્રકાશનો વેગ તેના સ્રોતના વેગથી સ્વતંત્ર રહીને અફર જળવાતો હોય તો અવકાશયાત્રીના ચહેરા તથા અરીસા વચ્ચેના અંતરનું મહત્ત્વ શું રહ્યું ? અંતર પણ આખરે શું છે ? પ્રકાશના વેગને અનુલક્ષી પ્રકાશકિરણોને અરીસા સુધી પહોંચવામાં અને પાછા આવવામાં જે સમય વીતે તે વાસ્તવમાં અંતર છે. (દા. ત. મોટરની ઝડપ × પ્રવાસમાં વીતેલો સમય = પ્રવાસનું અંતર.) કિરણો તો અરીસા સુધી પહોંચે છે અને પાછાં આવે છે, કેમ કે યાનની ઝડપને લીધે ચહેરા તથા અરીસા વચ્ચેના અંતરમાં ફરક પડ્યો નથી, માટે સમયમાં તફાવત આવ્યો નથી. આનો પણ મતલબ શો ? બ્રહ્માંડમાં ફક્ત પ્રકાશવેગ નિરપેક્ષ/absolute છે ? અને સમય તથા અંતર સાપેક્ષ/relative છે ? અને ન્યૂટન સહિતના બધા વિજ્ઞાનીઓ ખોટા છે ?


મેક્સ પ્લાન્ક

એક કહેતાં અનેક પ્રશ્નો આઇનસ્ટાઇને જિગરી દોસ્ત માઇકેલ બિસ્સો સમક્ષ રજૂ કર્યા. ઘણા ખરા તો બિસ્સોને સમજાયા પણ નહિ, છતાં તેમનું મહત્ત્વ એ પામી ગયો. વિજ્ઞાનજગતમાં ક્રાંતિનું જબરજસ્ત મોટું વાવાઝોડું આવી રહ્યું હતું. આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને બધો આફરો કાઢ્યા પછી બિસ્સોને લાગ્યું કે પોતે ફક્ત જિગરી મિત્ર સાથે નહિ, એક મહાન વિજ્ઞાની સાથે 'વૉક' લેવા નીકળ્યો હતો.

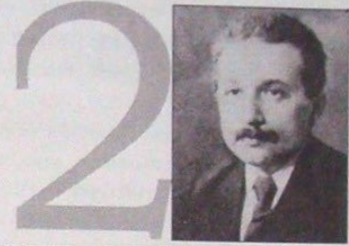
પાંચ કે છ અઠવાડિયાં પછી Annalen der Physik નામના જર્મન વિજ્ઞાન સામયિકના તંત્રીને બંધ કવર મળ્યું, જેમાં લેખકે ત્રણ લેખો બીડ્યા હતા. લેખક તો જાણે આઇનસ્ટાઇન હતો, પરંતુ તંત્રી કોણ હતો ? ક્વૉન્ટમ થિઅરીનો પ્રણેતા મેક્સ પ્લાન્ક, જેનું નામ પ્લાન્કના

અચળાંક/Planck's Constant માટે વિજ્ઞાન તવારીખમાં અમર બની રહેવાનું હતું. સામયિક પણ તંત્રીની ઊંચી પ્રતિભાના દરજ્જાનું હતું, કેમ કે તેમાં ફક્ત નવા સંશોધનને લગતા અભ્યાસલેખો છપાતા હતા. આઇનસ્ટાઇને મોકલેલા ત્રણ લેખો પણ અમર બની રહેવાના હતા. એક લેખ ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટ વિશે હતો, જેના આધારે છેવટે સોલાર સેલની શોધ થાય અને શોધ પહેલાં આઇનસ્ટાઇનને નોબેલ પારિતોષિક મળે એ નક્કી વાત હતી. બીજો લેખ ટેલિવિઝનની અને લેસર કિરણોની શોધમાં નિમિત્ત બનનાર ઇલેક્ટ્રોન્સના પ્રવાહને લગતો હતો. ત્રીજો લેખ? અલબત્ત, સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી વિશેનો !

ત્રીજા લેખે મેક્સ પ્લાન્કના મગજને હલબલાવી દીધું. પહેલાં તો એ લેખ વાંચવાનું તેણે મુલ્તવી રાખ્યું હતું, કેમ કે ત્રીસેક જેટલાં પાનાં હતાં. વાંચવાની શરૂઆત કરીને અડધે પહોંચ્યા બાદ થયું કે ન છાપવો અને છેલ્લું પાનું વાંચ્યા પછી બીજા વિચારે નક્કી કર્યું કે છાપ્યા વિના ચાલે જ નહિ. આ તરફ આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનને બીજા વિચારે લાગ્યું કે રિલેટિવિટીના લેખમાં થોડીક અધૂરપ રહી હતી, એટલે તેણે બીજાં ત્રણ પાનાં ભરીને 'સપ્લિમેન્ટ' રવાના કરી. એક રીતે જોતાં બેઉ જણાને બીજો વિચાર આવ્યો તે સારૂં થયું. મેક્સ પ્લાન્કે લેખને ફાઇલ કરી દીધો હોત તો હતાશ થવાની વૃત્તિવાળો આઇનસ્ટાઇન કદાચ એમ ધારી લેત કે પ્લાન્કને જે લેખ ન જચ્યો તે જરૂર નકામો કે ભૂલભર્યો હોવો જોઇએ, માટે એ તેને ફરી જાહેરમાં લાવવાની ચેષ્ટા કરત નહિ. આઇનસ્ટાઇનને બીજો વિચાર ન આવ્યો હોત તો વિજ્ઞાનજગતનું સૌથી ખ્યાતનામ સૂત્ર પણ કદાચ પ્રકાશમાં આવત નહિ, કેમ કે આઇનસ્ટાઇને 'સપ્લિમેન્ટ'માં એ સૂત્ર રહી રહીને લખ્યું હતું. સૂત્ર હતું : $E=mc^2$.

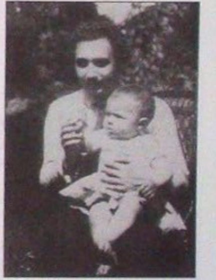
લેખ પ્રસિદ્ધ થયો. વાવાઝોડું તત્કાળ તો ન ફૂંકાયું, પણ આવ્યું ત્યારે બહુ જોરમાં આવ્યું. સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીના સૂસવાટાએ બ્રહ્માંડને લગતા પરંપરાગત અને પ્રચલિત ખ્યાલોના બધા મિનારાને ભોંયભેગા કરી દીધા.■





# આઇનસ્ટાઇનની નજરે બ્રહ્માંડ

**આ**ઇનસ્ટાઇનનું નામ કાને પડે એટલે કેશાવળી જેવા લાંબા સફેદ વાળની 'ફ્રેમ' વચ્ચે મઢાયેલો પ્રોફેસરિયા વિદ્વાનનો પ્રૌઢ અને સળદાર ચહેરો કલ્પનાદ્રષ્ટિ સામે ખડો થાય, પરંતુ ૧૯૦૫ માં આઇનસ્ટાઇને સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી વિશેનો લેખ જર્મન સામયિક Annalen der Physik ના તંત્રીને મોકલ્યો ત્યારે એ ૨૬ વર્ષનો યુવાન હતો. હાન્સ નામના ૧ વર્ષીય બાળકનો પિતા હતો. (જુઓ, *તસવીર*) મિત્રો અને સ્નેહીજનોના અભાવે સામાજિક તો ઠીક, પણ આર્થિક અને કૌટુમ્બિક જવાબદારીઓ તેને સાપેક્ષવાદ જેવા ગહન વિષય અંગે એકાંતમાં વિચારવા માટે ઝાઝી નવરાશ મળવા દેતી ન હતી.



આમ છતાં લગભગ ૯,૦૦૦ શબ્દોનો લેખ આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને પાંચ કે છ અઠવાડિયામાં તૈયાર કરી નાખ્યો, જેમાં એકેય પાને ફૂટનોટ ન હતી. કોઇ બીજા વિજ્ઞાનીએ કરેલા સંશોધનનો તેણે આધાર લીધો હોવાનું પણ ક્યાંય ટાંક્યું ન હતું. વીસમી સદીના આરંભે ઇલેક્ટ્રોનનો શોધક જે. જે. થોમસન, આવર્તક કોષ્ટકનો સર્જક દમિત્રી મેન્દેલ્યેફ, રેડિયમના શોધકો પિઅર અને મેરી ક્યૂરી, ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના ખેરખાં લોર્ડ કેલ્વિન તથા જેમ્સ જૂલ, પ્રોટોનનો શોધક તેમજ ઍટમિક થિઅરીનો પ્રણેતા અર્નેસ્ટ રૂધરફોર્ડ, કિરણોત્સર્ગનો શોધક હેન્રી બેકેરલ અને અમેરિકાના પેલા થોમસ આલ્વા એડિસન જેવા અનેક દરબારી રત્નો વિજ્ઞાનજગતને શોભાવતા

હતા, પણ આઇનસ્ટાઇનને તેમની જોડે ખાસ કશો સંપર્ક ન હતો.

આઇનસ્ટાઇનનું વિજ્ઞાનજગત માત્ર તેનું મગજ હતું, જેને અનુસરીને તેણે On the Electrodynamics of Moving Bodies એવા ભારેખમ શીર્ષક હેઠળ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી વર્ણવતો લેખ પાંત્રીસ-ચાલીસ દિવસમાં લખી નાખ્યો--અને તે બહાને ભૌતિકશાસ્ત્રના શાંત તળાવમાં કાંકરો નહિ, પથ્થર નહિ, પણ ખડક નાખ્યો. આઇનસ્ટાઇન સામે ચોતરફ વિરોધનાં પ્રચંડ મોજાં ઉછળ્યાં, કેમ કે ન્યૂટનના કેટલાક મૂળભૂત વિચારોનાં મૂળિયાં આઇનસ્ટાઇને ઉખેડી નાખ્યાં હતાં. બ્રિટનના પ્રતિષ્ઠિત દૈનિક 'ધ ટાઇમ્સે' મોટા ટાઇપમાં મથાળું છાપ્યું : NEWTONIAN IDEAS OVERTHROWN.

બીજી તરફ સાપેક્ષવાદને રદિયો આપતી ટકોર પણ છાપી કે, 'આઇનસ્ટાઇનની થિઅરી સામાન્ય બુદ્ધિનું અપમાન કરે છે/It is an affront to common sense.' પ્રતિષ્ઠિત વિજ્ઞાનીઓ જો કે વિરોધ કરવામાં સામેલ ન થયા. બલકે, આઇનસ્ટાઇનનો ક્રાંતિકારી અભ્યાસલેખ વાંચ્યા પછી તેમણે સ્વીકારી લેવું પડ્યું કે સાપેક્ષવાદની થિઅરી સાચી હતી. આઇઝેક ન્યૂટન ખોટો હતો. બે દિવસ પછી અમેરિકાના 'ધ ન્યૂ યોર્ક ટાઇમ્સ'માં ચમકેલા એ સમાચારનું મથાળું હતું : EINSTEIN'S THEORY TRIUMPHS/આઇનસ્ટાઇનની થિઅરી વિજયી નીવડે છે.

■

બ્રહ્માંડના અકળ સ્વરૂપને જેણે પોતાની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી અને જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી દ્વારા ઓળખાવ્યું તે આલ્બર્ટ હેરમાન આઇનસ્ટાઇનની બુદ્ધિમત્તાના દર્શન પ્રસ્તુત વર્ણનમાં પળે પળે થવાના છે. ઊંચી આઇ. ક્યૂ. બદલ તેને દાદ આપવાનુંય મન વખતોવખત થયા કરવાનું છે, પરંતુ એ માટે થોડીક રાહ જુઓ. પહેલાં તો ચિરંજીવી આલ્બર્ટના વ્યાકુળ પિતા હેરમાને તેના વિશે એપ્રિલ ૧૩, ૧૯૦૧ ના રોજ લીપઝીગ યુનિવર્સિટીના પ્રો. વિલ્હેમ ઑસ્ટવાલ્ડને લખેલો પત્ર વાંચવા જેવો છે.

એપ્રિલ ૧૩, ૧૯૦૧
પ્રો. વિલ્હેમ ઑસ્ટવાલ્ડ
લીપઝીગ યુનિવર્સિટી
લીપઝીગ, જર્મની

આદરણીય પ્રોફેસર !

એક પિતાએ તેના પુત્રના હિત માટે આપને, આદરણીય પ્રોફેસરને, પત્ર લખવાની હિંમત કરી એ બદલ તેને ક્ષમા કરશો.

પત્રની શરૂઆતમાં આપને હું એ જણાવું કે મારો પુત્ર આલ્બર્ટ ૨૨ વર્ષનો થયો છે. અત્યારે તેને એ વાતનું ભારે દુઃખ છે કે તેની પાસે નોકરી નથી. દિવસોદિવસ તેના મગજમાં એવો ખ્યાલ વધુ ને વધુ ઠસતો જાય છે કે કારકિર્દીની ગાડી યોગ્ય પાટે આગળ વધતી નથી. વળી અમારા માટે પોતે બોજારૂપ હોવાનું તેને લાગે છે. આમેય તો અમે બહુ સાધારણ સ્થિતિના માણસો છીએ...

આપને હું વિનમ્રપણે એક વિનંતી કરવાની રજા લઉં છું કે...શક્ય હોય તો આપ તેને પ્રોત્સાહનના બે શબ્દો લખો, જેથી તેને જીવનમાં અને કામકાજમાં પાછો રસ જાગે. ઉપરાંત જો આપ તેને આસિસ્ટન્ટની નોકરી અપાવી દો તો આપના પ્રત્યે મારી આભારની લાગણીને સીમા રહેશે નહિ.

બીજી એક વાત કહેવાની પણ રજા લઉં કે મેં આપને પત્ર લખ્યાની મારા પુત્રને જાણ નથી.

એ જ આપનો, આદરણીય પ્રોફેસર, સહાયનો આકાંક્ષિત

હેરમાન આઇનસ્ટાઇન

આ કાકલૂદીભર્યા પત્રનો દરેક શબ્દ નોકરી વગરના પુત્ર વિશે સતત ચિંતાતુર રહેતા લાચાર પિતાની મનોવેદના વ્યક્ત કરતો હતો અને નિરાશામાં ડૂબેલા પુત્ર માટે તરાપાને બદલે માત્ર તરણાની અપેક્ષા રાખતો હતો. અફસોસ કે તરણુંયે ન મળ્યું. પ્રો. વિલ્હેમ ઑસ્ટવાલ્ડે પત્રનો જવાબ સુદ્ધાં આપવાની તસ્દી ન લીધી, કેમ કે તેના મતે આલ્બર્ટના મગજમાં બુદ્ધિની એન્ટ્રિ ઉધાર





ખાતે બોલતી હતી. આલ્બર્ટ પોતે અગાઉ પ્રો. ઑસ્ટવાલ્ડને ત્યાં લેબોરેટરી આસિસ્ટન્ટની નોકરી માટે તેને મળ્યો ત્યારે પ્રોફેસરે તેને લગભગ તુચ્છકારી કાઢ્યો હતો.

પિતા હેરમાને લખેલા અને નિરુત્તર રહેલા પત્રની તારીખ માર્ક કરો. વર્ષ ૧૯૦૧ નું હતું. ફક્ત ચાર વર્ષ પછી તેના 'બુદ્ધિરહિત' પુત્રએ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી તરીકે ઓળખાવેલા સિદ્ધાંત વડે આખા વિજ્ઞાનજગતમાં ઉત્પાત મચાવી દીધો એટલું જ નહિ, પણ ચારસો વર્ષ થયે ગેલિલિયો અને ન્યૂટન સહિતના દરેક વિજ્ઞાનીએ પોતપોતાની જે થિઅરીની દ્રષ્ટિએ બ્રહ્માંડને દર્શાવ્યું એ દરેક ખ્યાલનો મોતિયો ઉતારી લીધો--અને ત્યાર પછી નવી દ્રષ્ટિએ વીસમી સદીના દરેક વિજ્ઞાની સમક્ષ જે બ્રહ્માંડ હાજર થયું તે સાવ જુદું હતું. છેવટના સારાંશરૂપે કહો તો ભારતીય પુરાણોના એક ભુલાયેલા શબ્દને આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને પોતાના સાપેક્ષવાદનું અમૃતજળ છાંટી જીવંત કર્યો : માયા.

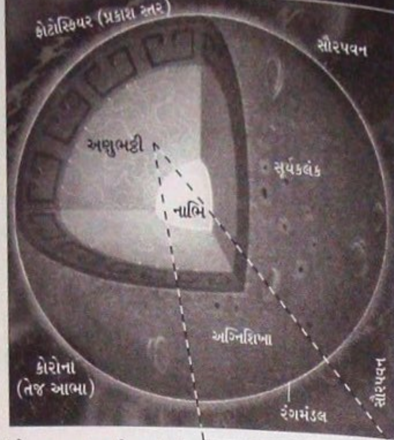
દ્રષ્ટિ સમક્ષ માનસિક રીતે દેખાય, છતાં જેનું વાસ્તવિક અસ્તિત્વ ન હોય અને ભૌતિક રીતે પણ જેને અનુભવ કે પારખી ન શકાય તેને આપણે માયા કહીએ. આ પરંપરાગત વ્યાખ્યાને અહીં ભૂલી જજો, કેમ કે આઇનસ્ટાઇને તેના કરતાંય એક ડગલું આગળ વધી માયા શબ્દને જુદી વ્યાખ્યામાં ઢાળ્યો. સાપેક્ષવાદ વડે તેણે જે બ્રહ્માંડની માયા સમજાવી તે દરેક વિજ્ઞાની સમક્ષ હતું અને તેનું વાસ્તવિક અસ્તિત્વ પણ હતું, પરંતુ ધરતી પર રહેતા વિજ્ઞાનીઓને ભૌતિક રીતે થયેલા તેના અનુભવ કરતાં તેની પરમ સત્ય જેવી તાસીર સાવ જુદી હતી. વૈજ્ઞાનિકને બદલે ફરી વખત પૌરાણિક શબ્દરચના વાપરીને કહો તો બ્રહ્મ જ સત્ય હતું અને જગત મિથ્યા હતું.

આ પ્રકારના ગજબનાક અને જિજ્ઞાસા પેદા કરતા તારણ પર આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇન કેવી રીતે પહોંચ્યો ? સવાલ એક જ છે. વિજ્ઞાનની તવારીખના વિવિધ તબક્કામાં વહેંચાયેલા (પણ સળંગ કથારૂપી) જવાબો અનેક છે, જેમની વણઝાર ગજબ માહિતી સાથે દરેક જિજ્ઞાસુના દિમાગ તરફ આવી રહી છે. આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને વર્ણવેલાં 'ત્રિમૂર્તિ' બ્રહ્માંડનાં ૩ જૂજવાં સ્વરૂપોની આછી ઝલક પહેલાં મેળવી લઇએ.



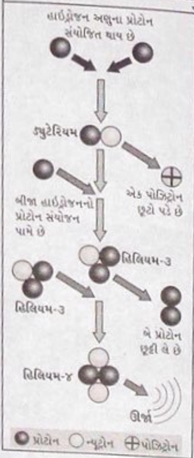
પૃથ્વીથી સરેરાશ ૧૪,૯૬,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર છેટે સૂર્યનો ૬,૯૬,૦૦૦ કિલોમીટર (પૃથ્વી કરતાં ૧૦૯ ગણી મોટી) ત્રિજ્યાનો ગોળો લગભગ ૪.૬ અબજ વર્ષ પહેલાં તેની અણુભઠ્ઠી ચેતી ત્યારનો જ્વલંત તેજે પ્રકાશે છે. આ તગતગાટનું કારણ એ કે તેના કેન્દ્રમાં અણુભઠ્ઠી સક્રિય છે, જે પ્રકાશ ઉપરાંત ગરમીનું પણ ઉત્સર્જન કરે છે. અણુભઠ્ઠી સક્રિય હોવાનું કારણ એ કે સૂર્યનો હાઇડ્રોજન વાયુ નિરંતર હિલિયમ વાયુમાં ફેરવાતો જાય છે. પૃથ્વીના સર્જન પછી અંદાજે ૧૦ કરોડ વર્ષે શરૂ થયેલી એ પ્રક્રિયા હજી અટકી નથી. (પૃથ્વી તેના પ્રારંભિક દસ કરોડ વર્ષ સુધી અંધકારમાં ડૂબેલી હતી.) હાઇડ્રોજનના ગેસ-બોલ કહેવાતા સૂર્યમાં તે વાયુનું પ્રમાણ લગભગ ૭૪% છે. હિલિયમ ૨૫% છે, જ્યારે બીજાં છૂટપૂટ તત્ત્વો કુલ મળીને ૧% છે. સૂર્ય આજ સુધીમાં હાઇડ્રોજનના આશરે ૪% જથ્થાને હિલિયમમાં ફેરવી ચૂક્યો છે, એટલે દેખીતું છે કે બાકીનો

## સૂર્યની અણુભઠ્ઠીમાં ચાલતી પ્રક્રિયા

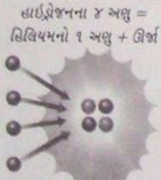



મબલખ સ્ટોક હજી અબજો વર્ષ સુધી ખૂટે તેમ નથી.

સૂર્યની અણુપ્રક્રિયામાં જરા ડોકિયું કરી જોઈએ. કેન્દ્ર પાસેના ભાગમાં પ્રત્યેક ઘન મીટરે ૧,૬૦,૦૦૦ કિલોગ્રામ જેટલા દબાણ અને ૧,૫૦,૦૦,૦૦૦° સેલ્શિયસ તાપમાન વચ્ચે હાઈડ્રોજનના બે અણુ સંયોજિત થાય છે. આ વાયુના દરેક અણુમાં ફક્ત ૧ પ્રોટોન છે. બે અણુના સંયોજન/fusion વખતે એક પોઝિટ્રોન એટલે કે પોઝિટિવ વીજભાર ધરાવતો એન્ટિ-ઈલેક્ટ્રોન છૂટો પડે છે, માટે સંયોજિત અણુ-નાભિમાં બે પ્રોટોનને બદલે ૧ પ્રોટોન અને ૧ ન્યૂટ્રોન (પોઝિટિવ ચાર્જ જેણે ગુમાવ્યો તે પરમાણુ) બાકી રહે છે. હાઈડ્રોજનના કુદરતી અણુમાં તો ન્યૂટ્રોન છે જ નહિ. ન્યૂટ્રોન મળ્યા પછી અણુ સાદા હાઈડ્રોજનનો રહેતો નથી. હવે તેનું નામ ડ્યુટેરિયમ છે, જેની સાથે વળી સાદા હાઈડ્રોજનનો ૧ પ્રોટોન સંયોજિત થતાં હિલિયમ-૩ યાને કે ટ્રિટિયમ બને છે. (જુઓ, *જમણી આકૃતિ.*) હિલિયમ-૩ ના અણુમાં ૨ પ્રોટોન તથા ૧ ન્યૂટ્રોન છે. આગામી તબક્કે હિલિયિમ-૩ ના બે અણુનું સંયોજન હિલિયમ-૪ ને જન્મ આપે છે, જેમાં ૨ પ્રોટોન અને ૨ ન્યૂટ્રોન છે. આ છે સૂર્યની અણુભઠ્ઠીમાં ચાલતી પ્રક્રિયાની ફાઈનલ પ્રોડક્ટ તરીકેનો હિલિયમ. તૈયાર માલ બનાવવા માટે કાચો માલ કેટલો વપરાયો? આ રહ્યો હિસાબ: (૧) હાઈડ્રોજનના બે પ્રોટોન વડે એક ડ્યુટેરિયમ બન્યો; (૨) હાઈડ્રોજનના વધુ બે પ્રોટોન વડે બીજો ડ્યુટેરિયમ બન્યો; (૩) બે હિલિયમ-૩ થકી સરવાળે હિલિયમ-૪ નો અણુ રચાયો, એટલે તે હિલિયમના પ્રત્યેક અણુનું સર્જન કરવા માટે હાઈડ્રોજનના કુલ ચાર પ્રોટોન ખપી ગયા.




*હાઈડ્રોજનના ૪ અણુ = હિલિયમનો ૧ અણુ + ઊર્જા*



એક પ્રશ્ન છે : ઉત્પાદનને લગતા બધા સંસ્કારો થયા બાદ છેવટે તૈયાર માલનો જે ઘાણ ઉતરે તેનો જથ્થો રૉ મટિરિઅલ્સ તરીકે





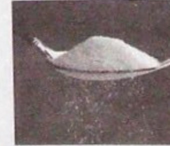
વપરાયેલા માલ જેટલો જ હોય કે નહિ? આદર્શ રીતે હોવો જોઈએ, છતાં દરેક કારખાનામાં થોડોઘણો બગાડ થતો હોય છે. સૂર્યના અણુકારખાનામાં પણ વેસ્ટ પડે છે. હાઈડ્રોજનના ૪ અણુ સંયોજિત થયા પછી રચાતો હિલિયમનો ૧ અણુ તે ચારેયના કુલ દળ/mass કરતાં ૦.૭% ઓછા દળનો હોય છે; અર્થાત્ માલમાં ૦.૭% જેટલી ઘટ પડે છે. આ માલ ગયો ક્યાં ? કશે ગયો નથી. ઊર્જામાં ફક્ત તે રૂપાંતર પામ્યો છે. રૂપાંતર વળી આઈનસ્ટાઈનના પેલા તેલમાલિશ કરેલા પહેલવાન સૂત્ર $E=mc^2$ ના મસલપાવર અનુસાર થયું છે, માટે નજીવો પદાર્થ પણ ઊર્જાના નાયેગરા ધોધને વહેતો કરે છે.

નાયેગરા તો જાણે અલંકારિક શબ્દ થયો, જ્યારે અહીં ચર્ચા નક્કર સાયન્સના પાટે ચાલતી હોવાને કારણે આંકડાની ઠોસ ભાષામાં વાત કરવી જોઈએ. સૂર્ય દર સેકન્ડે ૬૫.૭ કરોડ ટન હાઈડ્રોજનને અંદાજે ૬૫.૩ કરોડ ટન હિલિયમમાં ફેરવે છે. આ જંગી આંકડાને બાજુ પર મૂકી ફક્ત ૧ કિલોગ્રામ હાઈડ્રોજનની વાત કરીએ, જેથી દ્રષ્ટાંત જરા સરળ બને. હાઈડ્રોજનનો ૧ કિલોગ્રામ જથ્થો ૦.૭% વાળી ઘટને લીધે ફક્ત ૦.૯૯૩ કિલોગ્રામ હિલિયમમાં રૂપાંતરિત થાય છે--એટલે કે ૦.૦૦૭ કિલોગ્રામ પદાર્થનું રૂપાંતર થતું નથી. આ મામૂલી પદાર્થ/m મહામૂલી ઊર્જા/E નું સ્વરૂપ પામે છે.

કેટલી ઊર્જા ? હિસાબ આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈને રજૂ કરેલા પેલા $E=mc^2$ સૂત્ર મુજબ ગણવો પડે, એટલે તે ફોર્મ્યુલાને સહેજ વિગતે સમજી લો :

**Energy = mass $c^2$ (speed of light)**

ફોર્મ્યુલામાં E સંજ્ઞા Energy/ઊર્જા દર્શાવે છે, જેના માટે ખુદ પદાર્થ ગંગોત્રી છે. પદાર્થની સંજ્ઞા m છે. વાસ્તવમાં તે પદાર્થના mass/દળને લાગુ પડે છે, વજન પ્રમાણે મપાતા જથ્થાને નહિ. આગામી સંજ્ઞા c માટે પ્રકાશના વેગનો ફિગર વાપરવાનો થાય છે. (પ્રકાશ એટલે light, તો તેની સંજ્ઞા l કેમ નહિ ? એટલા માટે નહિ કે ઝડપ યાને કે speed ના સૂચક લેટિન શબ્દ Celeritas ના C ને પ્રકાશવેગની સંજ્ઞા તરીકે પસંદ કરાયો હતો.) આઈનસ્ટાઈનના સૂત્ર મુજબ c સંજ્ઞા પાછી squared છે, માટે પ્રકાશની ઝડપનો વર્ગ ગણી ફાઈનલ આંકડો મૂકવાનો છે. બે અગત્યની બાબતો : પદાર્થનું દળ હંમેશા કિલોગ્રામમાં લેવાનું છે. પ્રકાશની ઝડપનો આંક સેકન્ડના મીટર લેખે જે હોય તે અહીં મૂકવાનો છે. કિલોમીટર પ્રમાણે નહિ.



આઈનસ્ટાઈનનું સૂત્ર પહેલી નજરે જણાય તે કરતાં ઘણું સરળ છે, એટલે તેની સાથે આંકડા લડાવવાનું કાર્ય પણ અઘરૂં નથી. ઉપર નોંધ્યા મુજબ સૂર્યના ૧ કિલોગ્રામ હાઈડ્રોજન પૈકી માત્ર ૦.૦૦૭ કિલોગ્રામ પદાર્થ ઊર્જામાં ફેરવાય છે. આ નજીવું પ્રમાણ કેટલું નજીવું ગણાય તેનું અનુમાન લગાવવાનું અઘરૂં પડતું હોય તો યાદ રાખો કે



ટેબલ સ્પૂનફૂલ ચમચીમાં એટલે કે નાની ચમચીમાં સરેરાશ ૧૨ ગ્રામ ખાંડ સમાય છે, જ્યારે અહીં ફક્ત ૭ ગ્રામ ખાંડ જેટલા પદાર્થની વાત છે. સાત ગ્રામ ખાંડ પેટમાં ગયા પછી શરીરને ૨૬ કેલરી મળે, પણ $E=mc^2$ કહેવાતી ગુરુચાવી એ ખાંડને લાગુ પડાય ત્યારે કેટલી ઊર્જાનું તાળું ખૂલે ? પ્રકાશની ઝડપ માટે સેકન્ડના ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરનો એટલે કે ૩૦,૦૦,૦૦,૦૦૦ મીટરનો રાઉન્ડ ફિગર પકડી હિસાબ ગણી જોઈએ. ગણતરી વખતે બધા આંકડા ગુજરાતીને બદલે અંગ્રેજીમાં લખ્યા હોય તો ઠીક રહે, કેમ કે દરેક કેલ્ક્યુલેટર એ રીતે આંકડા ડિસ્પ્લે કરે છે. બીજું, પ્રકાશવેગનો મીટરમાં વ્યક્ત કરેલો આંકડો બહુ લાંબો હોવાને કારણે તેના વર્ગનો ફિગર તો ક્યાંય લપસીંદરિયો બને; એટલે મીંડાંની સંખ્યા દર્શાવતો ઘાતાંક વાપરી આવા પ્રત્યેક આંકડાને ટૂંકાવવો રહ્યો. (જુઓ, *સામેના પાને 'એક નજર આ તરફ'*) પ્રકાશનો સેકન્ડદીઠ વેગ ૩૦,૦૦,૦૦,૦૦૦ મીટર લખો કે $૩ \times ૧૦^{૮}$ મીટર લખો, બેય સરખું છે.

$E = mc^2$

$E = (0.007 \text{ કિલોગ્રામ}) \times (30,00,00,000 \text{ મીટર})^2$, જેને ઘાતાંક પ્રમાણે ટૂંકાવો તો

$E = (0.007) \times (3 \times 10^8)^2$

$E = 0.007 \times 9 \times 10^{16}$

$E = 6.3 \times 10^{14}$ જૂલ ઊર્જા !

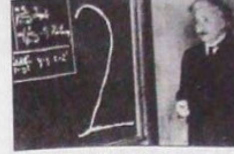
$6.3 \times 10^{14}$ને ફૂલસાઇઝમાં લખો તો ૬૩,૦૦,૦૦,૦૦,૦૦,૦૦,૦૦૦ જૂલ ઊર્જા ! ક્યાંની ક્યાં વાત પહોંચી ! ઇલેક્ટ્રીસિટીનાં એકમો પ્રમાણે જોતાં ૩૬,૦૦,૦૦૦ જૂલ = ૧ કિલોવૉટ-કલાક/kWh થાય અને ૧,૦૦૦ વૉટનો જબરજસ્ત બલ્બ એક કલાકમાં એટલી વીજળીનો પુરવઠો વાપરી નાખે. વર્ષમાં કલાકો ૮,૭૬૦ છે, માટે બાર મહિને વીજળીનો કુલ વપરાશ $3.1536 \times 10^{10}$ જૂલ થયો. આ વપરાશ લેખે હજાર વૉટનો બલ્બ $6.3 \times 10^{14} \div 3.1536 \times 10^{10} = 19,977$ વર્ષ સુધી એકધારો ઝળહળતો રહી શકે છે--અથવા તો ૧૦૦ વૉટના દસ બલ્બ સામટા અને સતત પ્રકાશ આપી શકે છે ! લગભગ ૨૦,૦૦૦ વર્ષ ચાલે તેટલો એનર્જી સપ્લાય આવ્યો શેમાંથી ? સૂર્યના ફક્ત ૭ ગ્રામ હાઇડ્રોજનમાંથી ! આ પદાર્થ $E=mc^2$ મુજબ સંપૂર્ણ રીતે ઊર્જામાં રૂપાંતર પામ્યો. (હાઇડ્રોજનને બદલે સાત ગ્રામ ખાંડ હોય તો પણ આટલી જ ઊર્જા છૂટી પડે એમાં શંકા નહિ.) વિશેષ અચંબો જગાડતી હકીકત એ કે સૂર્ય પ્રત્યેક સેકન્ડે ૦.૦૦૭ કિલોગ્રામ નહિ, પણ ૪૦ લાખ ટન હાઇડ્રોજન/m નું ઊર્જા/E માં રૂપાંતર કરે છે. પરિણામે કાળા અંતરિક્ષમાં વિકિરણો અને પ્રકાશકિરણો તરીકે ચોમેર ફેલાતી તેની ઊર્જાનો જાણે સુમાર નથી. બીજી તરફ સૂર્ય પાસે હાઇડ્રોજનનો સ્ટોક પણ નાનોસૂનો નથી, એટલે ઉડાઉપણાની હદે સૂર્ય તેનો ઉપયોગ કરતો હોવા છતાં હાઇડ્રોજનના પટારાનું તળિયું દેખાવાને હજી પાંચેક અબજ વર્ષ જેટલી વાર છે.

પ્રમાણમાં લાંબા પથરાયેલા દ્રષ્ટાંતનો છેલ્લે સારાંશ : ઊર્જા અને પદાર્થ વચ્ચે મૂળભૂત રીતે ફરક નથી. એક જ હસ્તીનાં તેઓ બે જુદાં સ્વરૂપો છે. પદાર્થ ભોલેનાથ છે; ઊર્જા નટરાજ છે. બાકી તો બેય શિવશંકર છે--અને બ્રહ્માંડના રંગમંચ પર બેવડી ભૂમિકા અદા કરે છે. પદાર્થ ક્યારેક ઊર્જાનો રોલ ભજવે છે, તો ઊર્જા ક્યારેક પદાર્થનું સ્વરૂપ ધારણ કરે છે. પાત્રો સતત બદલાતાં રહે છે, કારણ કે બ્રહ્માંડમાં પ્રકાશની ગતિ સિવાય કશું અફર નથી. કંઇ absolute



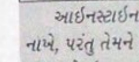


નથી. બધું relative એટલે કે સાપેક્ષ છે. ટાઇમ અને સ્પેસ પણ ઊર્જાની અને પદાર્થની જેમ સાપેક્ષ છે. ટૂંકમાં, પૃથ્વીવાસી માનવીને કોઠે પડી ચૂકેલાં અને તેના મગજમાં કોતરાઇ ચૂકેલાં ધારાધોરણો અનુસાર જોવા બેસો તો બ્રહ્માંડની સૃષ્ટિ અનંત કે અમાપ કદની માયાનગરી છે. ઇન્દ્રજાળ છે, જેનું સ્વરૂપ ડગલે ને પગલે કોમન સેન્સ જોડે ટકરાય છે.



વધુ એક ટકરાવનો બૌદ્ધિક માર વેઠવાની તૈયારી રાખીને આગળ વાંચો. ઇન્દ્રજાળના અવકાશી જાદુનો બીજો ખેલ ટાઇમને લગતો છે, જેમાં સમય વિશેના આપણા પરંપરાગત ખ્યાલો ચારે ખાને ચિત્ત થાય છે અને ખેલ પૂરો થયા પછી વિચારતા રહી જવાય એવો વિરોધાભાસ/paradox સર્જાય છે.

ઇ. સ. ૨૧૦૦ ની સાલનો પ્રસંગ છે. બન્યો નથી, છતાં આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનના સાપેક્ષવાદનો એટલે કે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો સ્વાદ ચાખવા પૂરતું એમ ધારી લો કે બન્યો. સોએક વર્ષ પછીના તે અરસામાં પણ સદાબહાર ટી.વી. સિરિઅલ 'સ્ટાર ટ્રેક'ના એક પછી એક કરીને રજૂ થતા એપિસોડનો છેડો આવ્યો નથી, બલકે સ્પેસ ટ્રાવેલની અદ્યતન ટેક્નોલોજિ ખીલી હોવાને કારણે સ્ટુડિઓને બદલે અંતરિક્ષમાં જ વાસ્તવિક દ્રશ્યોનું વિડિઓ શૂટિંગ કરાય છે. એક દ્રશ્ય આપણી દૂધગંગા મંદાકિનીમાં ખેડાતા પ્રવાસનું છે. સ્ટારશિપ એન્ટરપ્રાઇઝ (જુઓ ચિત્ર, *આગામી પાનું.*) તેના કલાકારો અને કેમેરા ટીમ સાથે રવાના



### એક નજર આ તરફ

*આઇનસ્ટાઇનની જેમ ફોર્મ્યુલા ગણવાનો આનંદ માણતી વખતે મોટા આંકડા ક્યારેક મૂડ ખરાબ કરી નાખે, પરંતુ તેમને મીંડાંનું લાંબું પૂંછડું જોડવું અનિવાર્ય નથી. સાયન્ટિફિક નોટેશન વડે તેમને ટૂંકું સ્વરૂપ આપી શકાય છે. ઉદાહરણ તરીકે $10^n$ લખો તો તેમાં $^n$ સંજ્ઞા 1 પછીનાં મીંડાંની સંખ્યા બતાવે છે. હવે $^n$ ના સ્થાને 2 ધારી $10^2$ લખો, તો મીંડાં બે છે અને સાદો આંકડો 100 છે; અર્થાત્ $10 \times 10$ એમ બે વખત 10 છે. આનો બીજો અર્થ એ કે વધારાનું દરેક મીંડું અગાઉની સંખ્યા કરતાં દસ ગણી મોટી સંખ્યાનું પ્રતીક છે. આ રહ્યાં કેટલાંક રેડી રેફરન્સ દ્રષ્ટાંતો :*

| | |
|---|---|
| $10^1 = 10$ | $10^5 = 1,00,000$ |
| $10^2 = 100$ | $10^6 = 10,00,000$ |
| $10^3 = 1,000$ | $10^7 = 1,00,00,000$ |
| $10^4 = 10,000$ | $10^8 = 10,00,00,000$ |

*ધારો કે પૃથ્વી અને સૂર્ય વચ્ચેનું સરેરાશ અંતર ૧૪,૯૬,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર હોવાનું જણાવવું છે, તો*

$1.496 \times 10^8 = 149600000$ (1 2 3 4 5 6 7 8)

*સાયન્ટિફિક નોટેશન મુજબ ફક્ત $1.496 \times 10^8$ કિલોમીટર લખવું પૂરતું છે. સ્વાભાવિક રીતે એ નોટેશનમાં 1 પછી આઠ મીંડાં તથા અંકો છે.*

*માઇનસ ઘાતાંક/exponent લખવા માટે એટલું યાદ રાખો કે વધારાના દરેક ઘાતાંક વડે બનતી સંખ્યા તેના અગાઉની સંખ્યા કરતાં દસ ગણી મોટી નહિ, પણ દસમા ભાગની છે. દશાંશ ટપકું ઘાતાંક પ્રમાણે ડાબી તરફ ખસે છે. આ રહ્યાં તેનાં પણ કેટલાંક ઉદાહરણો :*

| | |
|---|---|
| $10^{-1} = 0.1$ | $10^{-5} = 0.00001$ |
| $10^{-2} = 0.01$ | $10^{-6} = 0.000001$ |
| $10^{-3} = 0.001$ | $10^{-7} = 0.0000001$ |
| $10^{-4} = 0.0001$ | $10^{-8} = 0.00000001$ |

*આમ $3.6 \times 10^{-8}$ લખો એટલે દશાંશ ટપકું આઠ સ્ટેપ ડાબે ખસ્યા પછી ફુલસાઇઝ આંકડો નીચે પ્રમાણેનો બને :*

$3.6 \times 10^{-8} = 0.000000036$ (8 7 6 5 4 3 2 1)

*સાપેક્ષવાદની રોમાંચક સમજૂતી વાંચો ત્યારે મૂંઝવણ થાય તો દ્રષ્ટાંતો રિફર કરી લેજો.■*



થાય છે. સિરિઅલના બીજા ટીમ મેમ્બરો પૃથ્વી પર રોકાયા છે.

એન્ટરપ્રાઇઝની (જમણું ચિત્ર) રફતારનું પૂછતા નહિ. પ્રતિસેકન્ડે ૨,૯૪,૦૦૦ કિલોમીટરના વેગે તે ધસતું જાય છે. પ્રકાશનો વેગ સેકન્ડદીઠ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર છે, માટે એન્ટરપ્રાઇઝની ઝડપ પ્રકાશવેગના ૯૮% જેટલી છે. આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી એમ જણાવે છે કે સ્પીડ જેમ વધારે એમ સમય ધીમો પડવો રહ્યો. સમય relative છે. સ્પીડના પ્રમાણમાં સાપેક્ષ છે, માટે ગતિશીલ સ્થળની ઘડિયાળ ગતિશીલ ન હોય એ (સ્થાયી રહેતા) સ્થળની ઘડિયાળના સંદર્ભમાં ધીમી ચાલે. એન્ટરપ્રાઇઝના કલાકારો અને કેમેરા ટીમના સભ્યો માટે સમય કેટલી હદે ધીમો પડે તેનો જવાબ શોધી આપતી પણ ખાસ ફોર્મ્યુલા છે. દેખીતી રીતે (માત્ર દેખીતી રીતે) અટપટી જણાતી એ સિમ્પલ ફોર્મ્યુલા આઇનસ્ટાઇને રચી નથી. હેન્રી લોરેન્ટ્ઝ નામના ડચ વિજ્ઞાનીએ તૈયાર કરી છે. કઇ ચીડિયાનું નામ સાપેક્ષવાદ છે તેની પૂરી સમજણ ન હોવા છતાં લોરેન્ટ્ઝે જે સમીકરણ બનાવ્યું તે પાછું ચોવીસ કેરેટનું છે. સાપેક્ષવાદ વિશેના પાકા જ્ઞાન વિના લોરેન્ટ્ઝ આટલું કહી શક્યો, તો તેની ફોર્મ્યુલા સમજવા માટે ગણિત વિશેનુંય પાકું જ્ઞાન અનિવાર્ય નથી. પહેલાં ઊડતી નજર કરો :

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1-\left(\frac{V}{C}\right)^2}}$$

હાઇ-ફાઇ જણાતી ફોર્મ્યુલામાં દરેક સંજ્ઞાની પોથી માંહ્યલાં રીંગણાં નીચે મુજબ છે :

$T$ = ગતિશીલ એન્ટરપ્રાઇઝની ઘડિયાળ પ્રમાણે વીતેલો સમય

$T_0$ = પૃથ્વીની એટલે કે ગતિશીલ ન હોય એ સ્થળની ઘડિયાળ મુજબ વીતેલો સમય

$V$ = ગતિશીલ યાન એન્ટરપ્રાઇઝની સેકન્ડદીઠ ઝડપ

$C$ = પ્રકાશની સેકન્ડદીઠ ઝડપ.

આઇનસ્ટાઇનના $E=mc^2$ સૂત્રમાં રહેલી c સંજ્ઞા અહીં પણ ટપકી પડી છે. ખ્યાલ આવ્યો કે શા માટે ? કારણ એટલું જ કે માયાવી લાગતા બ્રહ્માંડમાં કશુંક પણ જો absolute હોય તો એ પ્રકાશનો વેગ છે. ફક્ત પ્રકાશનો વેગ નિરપેક્ષ છે. બાકીનું સંપૂર્ણ બ્રહ્માંડ ટાઇમ અને સ્પેસ સહિત તેના અનુપાતમાં relative એટલે કે સાપેક્ષ છે, માટે દરેક ગણતરીમાં c સંજ્ઞા તો જોઇએ.

માનો કે 'સ્ટાર ટ્રેક' સિરિઅલનો પટકથા લેખક, મેક-અપ મેન, એક્સ્ટ્રા કલાકારો વગેરે જે ટીમસભ્યો પૃથ્વી પર રોકાયા તે સૌને માટે ૧ વર્ષ જેટલો સમય વીત્યો છે. આથી ફોર્મ્યુલામાં નીચે મુજબ આંકડા મૂકવાના થાય છે.

$T$ = ? (જવાબ મેળવવાનો બાકી છે.)





$T_0$ = 1 વર્ષ (પૃથ્વીની ઘડિયાળ મુજબ વીતેલો સમય)

$V$ = 2,94,000 કિલોમીટર (એન્ટરપ્રાઇઝની ઝડપ)

$C$ = 3,00,000 કિલોમીટર (પ્રકાશની ઝડપ)

પ્રકાશની ઝડપના પ્રમાણમાં એન્ટરપ્રાઇઝની ઝડપનું પ્રમાણમાપ સૌ પહેલાં તારવી લેવાય તો બાકીની ગણતરી બહુ સરળ બને.

$$\frac{V}{C} = \frac{2,94,000}{3,00,000} = 0.98$$

એન્ટરપ્રાઇઝની ઝડપ પ્રકાશવેગના ૦.૯૮ ટકા જેટલી છે. પૂરી ૧૦૦ ટકા તો શક્ય જ નથી.

બાકી રહેતી ગણતરી :

$$T = \frac{1}{\sqrt{1-(0.98)^2}} = 5$$

જવાબનો અર્થ બરાબર સમજી લો. પૃથ્વીની ઘડિયાળ કરતાં એન્ટરપ્રાઇઝની ઘડિયાળ પાંચમા ભાગ જેટલી રફતારે ચાલી રહી છે. આપણો મૂળ સવાલ આખરે તો એ બાબતનો છે કે, 'સ્પેસશિપ એન્ટરપ્રાઇઝ માટે સમય કેટલા ગણો ધીમો પડ્યો?' અને જવાબ છે : પાંચ ગણો--એટલે કે પૃથ્વીના સંદર્ભમાં પાંચમા ભાગનો સમય વીત્યો. આનો મતલબ એ થયો કે પ્રતિસેકન્ડે ૨,૯૪,૦૦૦ કિલોમીટરની સ્પીડ એકધારી જાળવતું એન્ટરપ્રાઇઝ તેની ઘડિયાળ મુજબ પાંચ વર્ષે પૃથ્વી પર પાછું ફરે તો અહીં ૨૫ વર્ષ જેટલો સમય વીતી ચૂક્યો હોય છે. પૃથ્વીનું કેલેન્ડર ૨૧૦૫ ને બદલે ૨૧૨૫ ની સાલ બતાવે છે, જ્યારે એન્ટરપ્રાઇઝની યાત્રી ટુકડીના જીવનમાં પાંચ વર્ષ કરતાં વધુ સમય વીત્યો નથી.

હિસાબ સો ટકા સાચો, છતાં તેની ઓથે છૂપાયેલો એક વિરોધાભાસ ધ્યાનમાં આવ્યો ? વિરોધાભાસ એ છે કે 'સ્ટાર ટ્રેક'ના પૃથ્વીવાસીને અને પ્રવાસી ટીમસભ્યોને એકબીજા સાથે કશી લેવાદેવા નથી. કંઇ નહિ તો સમયના અનુભવની દ્રષ્ટિએ જરાય નહિ. એન્ટરપ્રાઇઝમાં થતી દરેક કાર્યવાહી તેની યાત્રી ટુકડીના સભ્યોએ પોતાની ઘડિયાળ પ્રમાણે અનુભવી છે--અને તે અનુભવ તેમને અજૂગતો કે અસાધારણ જણાયો નથી. આ કાર્યવાહીને પાંચ વર્ષના સમયગાળાએ આવરી લીધી છે.



**ઝીણી નજર આ તરફ**

*લાંબી સોડ તાણતા આંકડાને સંકોચી દેવા અને પછી સંકોચાયેલા આંકડા વડે લાંબી ગણતરી માંડવી એ ડાબા હાથનો નહિ, બલકે આંગળીનો જ ખેલ છે. ગણતરી માટે અઢીસો-ત્રણસો રૂપિયાનું સાયન્ટિફિક કેલ્ક્યુલેટર પૂરતું છે. રીત પણ સહેલી છે. અહીં સૂર્યના દ્રષ્ટાંતમાં વર્ણવેલી $E=mc^2$ ફોર્મ્યુલા જ ગણી જોઇએ.*

*પ્રકાશની સેકન્ડદીઠ ઝડપ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર છે, જેને $3 \times 10^5$ માં ફેરવવા પહેલાં ૩ ની ચાંપ, પછી exponent/ઘાતાંકની Exp ચાંપ અને પછી ઘાતાંક માટે ૫ ચાંપ દાબો. એ જ રીતે ૧,૦૦૦ મીટરને $10^3$ સ્વરૂપે ટૂંકાવ્યા બાદ જવાબી $3 \times 10^8$ નો વર્ગ કરવા $X^2$ ચાંપ દાબો, એટલે કેલ્ક્યુલેટર [9. 16] એવો ડિસ્પ્લે બતાવશે. છેલ્લે તેને ૦.૦૦૭ કિલોગ્રામ પદાર્થ વડે ગુણી નાખો. ફાઇનલ જવાબ :*

*$6.3 \times 10^{14}$ જૂલ ઊર્જા.*

*હવે ૦.૦૦૭ કિલોગ્રામને બદલે તેના કરતાં બમણા ૦.૦૧૪ કિલોગ્રામ પદાર્થનું (માનો કે એક ટીસ્પૂનફુલ ખાંડનું) $E=mc^2$ મુજબ કેટલી ઊર્જામાં રૂપાંતર થાય એ ગણી જુઓ. રીત જુદી નથી. ફક્ત આંકડો બદલાય છે.■*



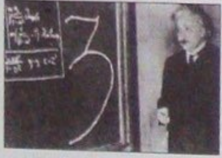
■ ૧૯૬૯માં ચંદ્રયાત્રા ખેડનાર નીલ આર્મસ્ટ્રોંગની ગઈ કાલ અને આજ

બીજી તરફ પૃથ્વીવાસી ટીમ મેમ્બરોને પચ્ચીસ વર્ષ દરમ્યાન વીતેલા સમયનો પ્રવાહ કદી ધીમો કે વેગવાન લાગ્યો નથી. ટેલિવિઝન જોવું, મોટર ચલાવવી, નાસ્તા-પાણી કરવાં, બગીચામાં છોડને પાણી સીંચવું વગેરે દરેક કાર્યમાં સમય તેમની દ્રષ્ટિએ નોર્મલ ગતિએ પસાર થયો છે. પરિણામે એમ ન કહી શકાય કે પૃથ્વી પર રોકાયા એટલા માટે તેમણે પચ્ચીસ વર્ષનું જીવન ભોગવ્યું અને દૂધગંગાના પ્રવાસે જનાર એન્ટરપ્રાઇઝની યાત્રી ટુકડીના સભ્યોએ પાંચ વર્ષનું જીવન ભોગવ્યું. બેઉ પક્ષે જીવન તો સરખું જ વીત્યું છે. આ વિરોધાભાસ છે.

એક બાબતે વિરોધાભાસ નથી. એન્ટરપ્રાઈઝના પાછા ફરતા પ્રવાસીઓ વર્તમાનને બદલે ભવિષ્યમાં પાછા ફરે છે. એન્ટરપ્રાઇઝનું કેલેન્ડર તેમના માટે વર્તમાન છે, જેમાં ૨૧૦૫ નું વર્ષ ચાલી રહ્યું છે. પૃથ્વીનું કેલેન્ડર ૨૧૨૫ નું વર્ષ બતાવે છે. આથી તેઓ ૨૦ વર્ષ પછીના જગતમાં પ્રવેશે છે. શારીરિક રીતે પણ તેઓ પૃથ્વીવાસીઓ કરતાં ૨૦ વર્ષ જેટલા યુવાન હોય એમાં બેમત નહિ, કેમ કે શરીરની પણ જૈવિક પ્રક્રિયાઓ પાંચમા ભાગ જેટલી ધીમી ચાલી છે. પરિચિત શબ્દો વાપરીને કહો તો દરેક પ્રવાસી ટાઇમ ટ્રાવેલર છે. આ વિરોધાભાસ નથી. ઉદાહરણ તરીકે, ૧૯૬૯માં ચંદ્રનો પ્રવાસ ખેડનાર અમેરિકન અવકાશયાત્રી નીલ આર્મસ્ટ્રોંગે એન્ટરપ્રાઇઝના સાહસિકોની માફક જ પ્રવાસ ખેડ્યો હોત તો આજે પાંત્રીસ વર્ષ બાદ તેની યુવાનીમાં ઝાઝો ફરક પડ્યો ન હોત. (જુઓ, *ઉપરનો ડાબો ફોટો.*) બીજી તરફ પ્રવાસઅવધિ જેટલાં વર્ષો તેણે પૃથ્વી પર વીતાવ્યાં હોત (વીતાવ્યાં પણ છે!) તો તે વૃદ્ધાવસ્થાએ પહોંચી ચૂક્યો હોય--જમણી તસવીર બતાવે છે તેમ પહોંચ્યો પણ છે!

સારાંશ : બ્રહ્માંડમાં સમયનો પ્રવાહ બધે સરખી ઝડપે વહેતો નથી. એન્ટરપ્રાઈઝના ટીમસભ્યો જેવા માત્ર સજીવ નહિ, નિર્જીવ પદાર્થનીયે ઝડપના સંદર્ભમાં તે સાપેક્ષ છે. ટૂંકમાં, પૃથ્વીની બહાર ફેલાયેલા અખિલ બ્રહ્માંડની વાત આવે ત્યારે આપણી ભલભલી સચોટ ઘડિયાળો માટે યોગ્ય સ્થાન ભીંત યા કાંડું નથી. કચરાટોપલી છે.

ટાઈમ સાપેક્ષ છે, તો સ્પેસ પણ ખરૂં ? કેમ નહિ ? આઈનસ્ટાઈનની જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીએ ચીંધી બતાવેલી ઈન્દ્રજાળનો સ્પેસને લગતો નમૂનો પણ સાપેક્ષવાદની દ્રષ્ટિએ જોવાલાયક છે, જેમાં વાત છે દ્રષ્ટિભ્રમની! બ્રહ્માંડના મેજિક શૉની એ ત્રીજી આઈટમ છે.



**૧**૯૭૯ નું વર્ષ છે. ઇંગ્લેન્ડની જોડ્રેલ વેધશાળાના ખગોળવિદોએ કરોડો તથા અબજો પ્રકાશવર્ષ છેટેની કેટલીક





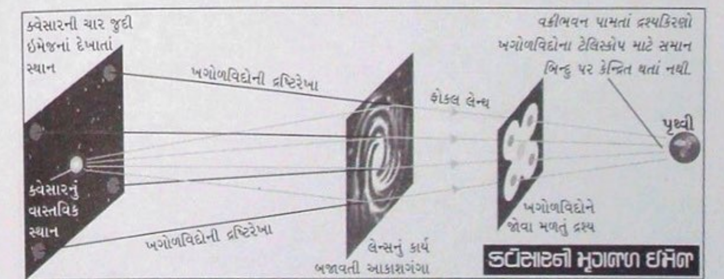
રેડિઓ ગેલેક્સીનાં વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં પોતાના રેડિઓ ટેલિસ્કોપ વડે ઝીલીને અવકાશી મેપ તૈયાર કર્યા પછી હવે તેઓ ઑપ્ટિકલ ટેલિસ્કોપ વાપરી જે તે ગેલેક્સીનાં દ્રશ્યકિરણો ઝીલવા માગે છે. ખગોળવિદોનો આશય ફોટોગ્રાફિક મેપ તૈયાર કરી બેય નકશાને સરખાવી જોવાનો છે, જેથી ખાતરી થાય કે તેમનાં અવલોકનોમાં ક્યાંય ભૂલચૂક રહી નથી. અવકાશી ચંદરવાનાં પ્રત્યક્ષ દર્શન કરાવતા ઑપ્ટિકલ ટેલિસ્કોપને તેઓ ખગાશ્વ/Pegasus નક્ષત્ર તરફ માંડે છે. (આ ચતુષ્કોણ નક્ષત્ર આપણે ત્યાં ઑક્ટોબર માસના અંતે મધ્યાકાશમાં દેખાય છે. ભારતના પ્રાચીન ખગોળવિદોએ જો કે ખગાશ્વને પૂર્વા ભાદ્રપદ તથા ઉત્તરા ભાદ્રપદ એમ બે નક્ષત્રોમાં વહેંચ્યું છે.) ધરતી પર રહીને જોતાં ખગાશ્વનું સ્થાન દેવયાની/Andromeda આકાશગંગાની બિલકુલ અડોઅડ છે.



■ બ્રિટનના ઑપ્ટિકલ ટેલિસ્કોપે ૧૯૭૯માં જોયેલું અવકાશી 'મૃગજળ'

એક દ્રશ્ય અંગ્રેજ ખગોળવિદોને ચકરાવામાં નાખી દે છે, કેમ કે તે અવકાશી મૃગજળ જેવું છે. અંતરિક્ષના કાળા બેકગ્રાઉન્ડમાં પાંચ જ્યોતિર્મય તકતીઓ દેખાય છે. વચ્ચોવચની તકતી સહેજ ઝાંખી છે. આસપાસની ચાર તકતીઓ વધુ પ્રકાશિત છે એટલું જ નહિ, પણ તેમના આકારપ્રકારમાં ખાસ ફરક જણાતો નથી. ચારેયનો દેખાવ લગભગ સરખો છે. જવાબ માગી લેતો પ્રશ્ન તો એ કે સંખ્યા ચાર કેમ છે ? આ દિશા તરફ અગાઉ રેડિઓ ટેલિસ્કોપ તાકવામાં આવ્યું ત્યારે ખગોળવિદોએ વિદ્યુતચુંબકીય રેડિઓ મોજાંનાં બે સ્રોતો નોંધેલાં, જ્યારે ઑપ્ટિકલ ટેલિસ્કોપ હવે પાંચની તાદાદ બતાવે છે.

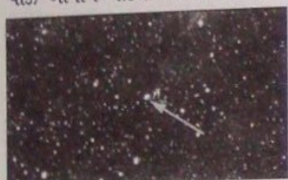
પ્રશ્નનો જવાબ : હકીકતે માત્ર બે જ્યોતિર્મય ચકામાંનું અસ્તિત્વ છે. એક પ્રકાશિત ચકામું ૪૦ કરોડ પ્રકાશવર્ષ છેટેની આકાશગંગાનું છે. બીજું તેની બિલકુલ પાછળ, છતાં ૮ અબજ પ્રકાશવર્ષ દૂર આવેલા ક્વેસાર/quasi-stellar નું છે, જેને ભૂમિગત એવા ભલભલા બળવાન ઑપ્ટિકલ ટેલિસ્કોપ વડે પણ દેખી શકાય નહિ. ઈન્ફ્રારેડ, પારજાંબલી, એક્સ-રે તથા ગામા કિરણો ઉપરાંત પ્રકાશકિરણોના સ્વરૂપે પણ ઊર્જાનો બેફામપણે ફુવારો છોડતો દરેક






ક્વેસાર બહુ દેદીપ્યમાન હોવા છતાં ૮ અબજ પ્રકાશવર્ષનું અંતર પણ જેવું તેવું નથી. પરંતુ અંગ્રેજ ખગોળવિદોને જાણે કે તેનો ક્લૉઝ-અપ જોવા મળ્યો છે. એક ફોટાની ચાર પ્રિન્ટ જેવા ક્લૉઝ-અપ વળી ચાર છે. આ રહસ્યનો ટૂંકો ખુલાસો ગણીને માત્ર બે જ શબ્દોમાં આપી શકાય તેમ છે : ગ્રેવિટેશનલ લેન્સિંગ.

લાંબો ખુલાસો પણ વાંચો : સૂક્ષ્મદર્શક કાચનો બહિર્ગોળ લેન્સ તેની પાછળ રહેલા પદાર્થનાં દ્રશ્યકિરણોને વાળી તેમને આગળની તરફ ફોકસ કરે છે. (જુઓ, *ઉપરની ડાબી આકૃતિ.*) સિદ્ધાંત જાણીતો છે, એટલે કમ સે કમ તેના અંગે વધુ ખુલાસો જરૂરી નથી. બિલકુલ એ જ સિદ્ધાંત અંતરિક્ષમાં તેનો કમાલ મોટા પાયે દાખવે છે. ફટાકડાની હાથચકરી જેવો ઊભો પૉઝ આપીને ગોઠવાયેલી ૪૦ કરોડ પ્રકાશવર્ષ છેટેની આકાશગંગાએ પોતાની આસપાસના નજદીકી અંતરિક્ષને ગુરુત્વાકર્ષણના જોરે મરોડ્યું છે. બ્રહ્માંડની ચાદરમાં તેણે મલ્ટિ-ડાયમેન્શનલ ગોબો પાડ્યો છે. પરિણામે 'ફેબ્રિક ઑફ સ્પેસ' ત્યાં બહિર્ગોળ/convex બન્યું છે. અલબત્ત, સૂક્ષ્મદર્શક કાચના બહિર્ગોળ લેન્સ કરતાં તેનો આકાર જાડાઈના હિસાબે સહેજ જુદો છે, એટલે તેની આરપાર નીકળતા પહેલાં વક્રીભવન પામતાં દ્રશ્યકિરણો છેવટે પૃથ્વીવાસી ખગોળવિદોના ટેલિસ્કોપ માટે સમાન બિન્દુ પર કેન્દ્રિત થતાં નથી. આને લીધે આકાશગંગા પાછળના એક ક્વેસારની ચાર ઈમેજ રચાય છે. ચારેયને અવકાશી મૃગજળ કહી શકો, કેમ કે અસલ ક્વેસાર દેખાતો જ નથી. અસલ ક્વેસાર વાસ્તવમાં આકાશગંગાની પાછળ છે--અને તેનો ફાસલો ૮ અબજ પ્રકાશવર્ષ હોવાને કારણે ઑપ્ટિકલ ટેલિસ્કોપ વડે આમેય તે દેખાય નહિ. બીજી તરફ એ ક્વેસારની મૃગજળ સમાન ચાર ઈમેજ ખાસ્સી મેગ્નિફાય થયેલી છે. આ કરિશ્મા પૃથ્વી અને ક્વેસારની વચ્ચે બરાબર સીધમાં ગોઠવાયેલી આકાશગંગાના ગ્રેવિટેશનલ લેન્સનો છે. આકાશગંગાએ પાડેલા 'ગોબા'ને લીધે બ્રહ્માંડ પોતે ત્યાં લેન્સ બન્યું છે.



*સુપરનોવાનું તેજ : પ્રથમ દિવસે અને...*



*...૮૫ મા દિવસે !*

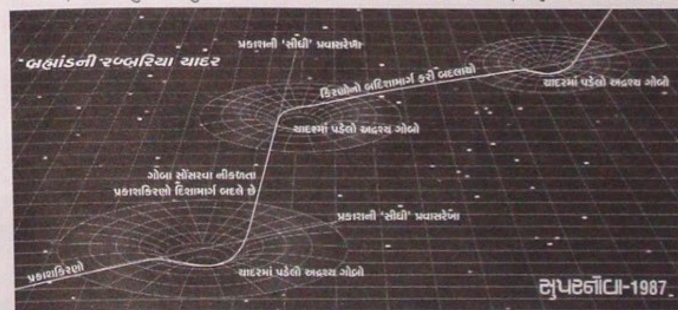




સો વાતની એક વાત આટલી : ખાલીખમ જણાતા બ્રહ્માંડને ઓળખાવવા માટે બીજો ગમે તે શબ્દ વાપરો, પણ 'ખાલીખમ' બોલતા નહિ. બ્રહ્માંડ ઝીની ઝીની બૂની ચદરિયા છે અને ચદરિયા પાછી રબ્બરિયા છે. અમુક યા તમુક mass/દળનો પદાર્થ તેના પર (ખરૂં જોતાં તેની અંદર) બિરાજે ત્યારે પદાર્થના દળને લીધે તેમાં ગોબો રચાય છે. ઊંડો કેટલો યા છીછરો કેટલો તેનો આધાર તે પદાર્થના દળ પર રહે છે. બ્રહ્માંડમાં આવા ગોબા ઠેકઠેકાણે છે--અથવા તો એમ પૂછો કે ક્યાં નથી ? પદાર્થ જ્યાં હોય ત્યાં ગોબો પણ હોય એ સત્ય (હમણાં આગળ કશું પૂછ્યા વિના) સ્વીકારી લો.

આ સત્યનો ચોંકાવનારો સૂચિતાર્થ પણ ખાસ નોંધી લો : ઘડિયાળ વડે સમયને માપવા નીકળો ત્યારે બધે જેમ સરખાં તારણો ન મળે તેમ અંતરને પણ માપવું શક્ય નથી. એક ઘડિયાળ અહીં સાચી હોય તો ત્યાં ખોટી પડે તેમ એક ફૂટપટ્ટી અહીં બરાબર કામ લાગી તો ત્યાં એ સાવ નકામી બને. માનો યા ન માનો જેવી વાત છે, છતાં 'યા ન માનો'નું ઑપ્શન તેમાં નથી. બીજા દાખલા-દલીલોને હાલ મુલત્વી રાખી સુપરનોવા-1987 ના ધડાકાનો દાખલો અહીં ટાંકવો બસ છે.

આ સુપરનોવા તારાના પ્રકાશનું સર્વપ્રથમ કિરણ ફેબ્રુઆરી ૨૩, ૧૯૮૭ ના રોજ પૃથ્વીના ટેલિસ્કોપમાં જોવા મળ્યું અને ત્યાર પછી ૮૫ દિવસો સુધી તેનો ઝબકારો સતત તેજસ્વી બનતો રહ્યો. (જુઓ તસવીર, *સામેનું પાનું.*) પૃથ્વીથી ૧,૬૦,૦૦૦ પ્રકાશવર્ષ છેટે માગેલનના અવકાશી વાદળમાં મીનાસિ/Dorado નક્ષત્રનો એ તારો એટલાં જ વર્ષ પહેલાં ફાટ્યો હતો, પણ લાંબા અંતરને હિસાબે તેના પ્રકાશને આપણી પૃથ્વી સુધી પહોંચવામાં લગભગ ૧,૬૦,૦૦૦ વર્ષ લાગ્યાં હતાં. પ્રકાશનાં કિરણો હંમેશા સીધી લીટીમાં પ્રવાસ કરે, ખરૂં ? અને સીધી લીટીમાં મપાતું અંતર જ ટૂંકામાં ટૂંકું હોય, એ પણ ખરૂં ? સુપરનોવા-1987 નો પ્રકાશ સીધી લીટીમાં આવ્યો હોત તો ખગોળનિષ્ણાતોએ કરેલી ગણતરી મુજબ તે ૧૯૮૭ ને બદલે ૧૯૮૬ માં જ પૃથ્વી સુધી પહોંચી જાત અને ફાટેલો તારો સુપરનોવા-1987 ને બદલે સુપરનોવા-1986 કહેવાત, પણ એવું ન બન્યું. પ્રકાશ નવ મહિના મોડો પહોંચ્યો! અલબત્ત, શરૂઆતનો પ્રવાસમાર્ગ



તો તેણે સીધી લીટીનો જ પકડ્યો હતો અને ઝડપ પણ તેના ભૌતિકશાસ્ત્રીય ગુણધર્મ મુજબ એકસરખી તેમજ અફર હતી. આમ છતાં બ્રહ્માંડની એટલે કે રબ્બરિયા કહેવાતી ચાદરની વિશિષ્ટ અને વિકૃત ભૂમિતિને તેણે અનુસરવું પડ્યું હતું. પરિણામે વખતોવખત એ પ્રકાશ આડોઅવળો ફંટાયો હતો, જેને લીધે તેની ગાડી નવ મહિના લેટ પડી હતી. સવાલ તો પછી એ કે પૃથ્વી અને પેલા આત્મઘાતી સુપરનોવા તારા વચ્ચે અંતર કેટલું ? ઉત્તર માટે આગ્રહ રાખવાને બદલે પેલા સફાઇ કામદારની જ સલાહ માની લો. સમય માપતી ઘડિયાળની અને કેલેન્ડરની જેમ અંતર માપક પરિકરને તેમજ ફૂટપટ્ટીને પણ કચરાટોપલીમાં નાખી દો.




ઇન્દ્રજાળ જેવા બ્રહ્માંડની ત્રીજી મેજિક આઇટેમનો સારાંશ : અંતર માપવું શક્ય નથી. ટાઇમ સાપેક્ષ છે તેમ અંતર વડે મપાતું સ્પેસ પણ સાપેક્ષ છે. બ્રહ્માંડમાં નિરપેક્ષ હોય તો ફક્ત પ્રકાશ, જેની અફર ગતિ શૂન્યાવકાશમાં કદી ઘટે નહિ અને કદી વધે પણ નહિ. આ સત્ય જ સનાતન છે. પૂર્ણવિરામ!

આ કૌતુકભરી વિજ્ઞાનકથા પૂરતું અલ્પવિરામ, કેમ કે નાનપણમાં પોતાના સ્કૂલ ટીચરની નજરે 'ઠોઠ નિશાળિયા' ઠરેલા માસ્ટર આલ્બર્ટ વખત જતાં માસ્ટરમાઇન્ડ આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇન તરીકે ભૌતિકશાસ્ત્રનાં ચુનંદા પ્રોફેસરો માટે બ્રહ્માંડનું નવું સિલેબસ કેવી રીતે તૈયાર કર્યું તેની મસ્ત કથા આગામી પ્રકરણમાં રજૂઆત પામે છે.■



3



# સ્પૅશ્યલ થિઅરી : પૂર્વભૂમિકા

**આ** વાત એ સમયની છે કે જ્યારે આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનની વય માંડ ૧૬ વર્ષ હતી. એક પ્રશ્ન તેને સ્ફૂર્યો. કોઇ તેને સંતોષકારક જવાબ આપી શકવાનું ન હતું, માટે એ પ્રશ્ન તેણે પોતાની જાતને પૂછ્યો. એક પ્રશ્નમાં આમ તો અનેક પ્રશ્નો સામેલ હતા. કંઇક આવા :

'ધારો કે હું કલ્પિત રોકેટ પર બેસીને અંતરિક્ષમાં પ્રકાશનાં મોજાંની સાથે તેની સમાન્તર રહીને પ્રવાસ કરૂં છું અને મારી પ્રવાસગતિ પણ પ્રકાશનાં મોજાં જેટલી જ છે, તો મને પ્રકાશનું એ મોજું કેવું લાગે? જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલના કહેવા મુજબ પ્રકાશ વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનો બનેલો છે. પ્રકાશ જેમ આગળ વધે તેમ પહેલાં વિદ્યુત ક્ષેત્ર, પછી ચુંબકીય ક્ષેત્ર, ત્યાર બાદ વિદ્યુત ક્ષેત્ર અને વળી પાછું ચુંબકીય ક્ષેત્ર રચાયા કરે છે. આ ફેરફારો મને નજરોનજર જોવા મળે કે કેમ એ તો હું જાણતો નથી, પણ મારી ઝડપ પ્રકાશવેગ જેટલી હોય તો પ્રકાશ મને સાપેક્ષ રીતે સ્થિર દેખાય કે નહિ? કે પછી તેનો વેગ મારા સંદર્ભમાં પ્રકાશવેગ ગણાય અને તે એટલા જ વેગે મારી આગળ નીકળી જવા પામે ? પ્રકાશના શેરડાને જેણે વહેતો મૂક્યો એ ટોર્ચની ગતિને અહીં ગણતરીમાં લેવાની થાય કે નહિ ? કે પછી ટોર્ચ ખુદ પ્રવાસ ખેડતી હોય કે ન હોય એ વાતનું કશું મહત્ત્વ નથી ? મેક્સવેલે જણાવ્યું કે પ્રકાશની ઝડપ અફર છે, પરંતુ





અફર કોના સંદર્ભમાં? મારા કે ટોર્ચના ?'

પ્રશ્નો અહીં જે રીતે વાક્યોરૂપે લખ્યા એ રીતે ડિટ્ટો કદાચ આઈનસ્ટાઈનના મગજમાં નહોતા ઉદ્ભવ્યા--અને વર્ષો પછી ખુદ તેને પણ શબ્દરચના યાદ ન હતી. (આમેય પ્રકાશ, ઊર્જા અને પદાર્થ સિવાય બીજી વાતો યાદ રાખવાની તેના મગજને આદત પણ ક્યાં હતી ?) પરંતુ એટલું સાચું કે ૧૮૯૫ નું તે વર્ષ યાદગાર હતું, કેમ કે સાપેક્ષવાદનું બીજું વિચારબીજ આઈનસ્ટાઈનના મગજમાં એ વર્ષે રોપાયું અને બીજાં દસ વર્ષ પછી તે વટવૃક્ષ બનવાનું હતું. અલબત્ત, સોળ વર્ષીય આઈનસ્ટાઈન માટે એ પ્રશ્ન ત્યારે તો અનુત્તર જ રહ્યો કે પ્રકાશની ગતિ જો અફર હોય તો કોના સંદર્ભમાં ? બહુ મહત્ત્વનો પ્રશ્ન હતો. પ્રકાશનો વેગ પ્રતિસેકન્ડે ૨,૯૯,૮૫૩ કિલોમીટરનો હોવાનું તે અરસામાં મપાયું હતું, છતાં સુવિધાને ખાતર અહીં ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરનો રાઉન્ડ ફિગર પકડીને ચાલીએ.

ઉપરના દ્રષ્ટાંત અનુસાર બ્રહ્માંડપ્રવાસી આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનની પાછળ ને પાછળ ત્રણ લાખ કિલોમીટરના ફાસલે આવી રહેલા અંતરિક્ષયાનની ઝડપ સેકન્ડના ૧૦૦ કિલોમીટર હોય અને તેનો યાત્રી ટોર્ચનો શેરડો ફેંકે તો આઈનસ્ટાઈન માટે એ પ્રકાશવેગ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરનો હોય કે ૩,૦૦,૧૦૦ કિલોમીટરનો ? પ્રથમ આંકડાને સ્વીકારો તો પ્રકાશનું અગ્રીમ કિરણ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરની ઝડપ ધરાવતા આઈનસ્ટાઈનની સાથે ને સાથે રહે, એટલે સમાન્તર પાટે સરખી ઝડપે સમાન દિશામાં હંકારતી ટ્રેનને અવલોકી રહેલા બીજી ટ્રેનના પ્રવાસીની જેમ આઈનસ્ટાઈનને મોખરાનું એ કિરણ સ્થિર લાગે. આંકડા નંબર બેને માન્ય રાખો તો પ્રકાશનું અગ્રીમ કિરણ પ્રથમ મોકે આઈનસ્ટાઈનની ૧૦૦ કિલોમીટર આગળ રહીને ચાલે.

## E એનર્જીનો E

ઊગતો અને તરુણ ઉંમરનો ભાવિ વિજ્ઞાની પોતાને ઉદ્ભવેલા પ્રશ્નનું ભૌતિકશાસ્ત્રીય મહત્ત્વ જાણતો ન હતો, છતાં તેનો કેડો એણે ન મૂક્યો. પ્રકાશ વિશે અગાઉ થયેલાં સંશોધનોમાં તેનો જવાબ ફંફોસી કાઢવાના પ્રયાસો એ કરતો રહ્યો. આ દોર બહુ લાંબો ચાલ્યો. આ સંશોધનો પણ મહત્ત્વનાં હતાં, કેમ કે ભૌતિકશાસ્ત્રનો પાયો તેમણે નાખ્યો હતો અને તેના પર વખત જતાં સાપેક્ષવાદનો તાજમહેલ ચણાવાનો હતો. મુખ્ય કરીને માઈકલ ફેરાડે, જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલ, આલ્બર્ટ માઈકલસન તથા એડવર્ડ મોર્લી એ ચાર સંશોધકોએ પ્રકાશનાં કિરણોને પણ ઊર્જા કહી અને તેમની ઝડપ આંકી E/એનર્જીનો વિદ્યુતચુંબકત્વની દ્રષ્ટિએ પરિચય ન કરાવ્યો હોત તો આઈનસ્ટાઈન તેની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી માટે $E=mc^2$ ની ફોર્મ્યુલા ઘડી શકવાનો ન હતો. વર્ષો પછી એટલે જ તેણે નિખાલસપણે કબૂલ્યું કે, 'બ્રહ્માંડમાં મારી નજર બહુ દૂર સુધી પહોંચી શકી, કારણ કે હું મારા વિરાટ કાઠીના પુરોગામીઓના ખભા પર ઊભો હતો.'

વિરાટ પુરોગામીઓ સ્પેશ્યલ થિઅરી માટે કયો સંગીન પાયો નાખી ગયા ? ઊર્જારૂપી

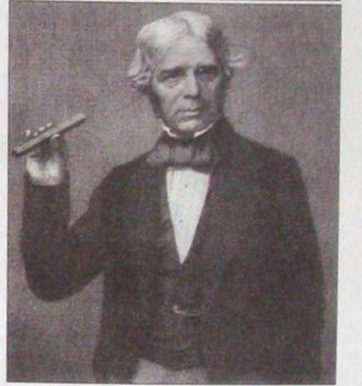




વિદ્યુતચુંબકત્વ અને વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં તરીકેના પ્રકાશનો તેમણે શો ભેદ ખોલી બતાવ્યો ? વાંચો ત્યારે, થોડું ફ્લેશબેક.



■ ગુરુ અને શિષ્ય : સર હમ્ફ્રી ડેવી (જમણું ચિત્ર) તથા માઈકલ ફેરાડે (નીચેની તસવીર)



આ પ્રસંગ એ સમયની છે કે જ્યારે આઈનસ્ટાઈનની નહિ, આઈનસ્ટાઈનના પિતા હેરમાનની નહિ, હેરમાનના પિતા અબ્રાહમની નહિ, પણ અબ્રાહમના પિતા રૂપર્ટની વય ૪૬ વર્ષની હતી. કેલેન્ડર મુજબ વર્ષ ૧૮૦૫ નું હતું. બ્રિટનના દરિદ્ર અને સામાજિક દ્રષ્ટિએ નિમ્ન ઘરાનામાં જન્મેલો માઈકલ ફેરાડે નામનો કિશોર દક્ષિણ લંડનની બુક-બાઈન્ડિંગ વર્કશોપમાં નોકરીએ લાગ્યો. ખ્યાતનામ સાહિત્યકારોના હસ્તે લખાયેલાં પુસ્તકોનાં મુદ્રિત પાનાં ત્યાં આવતાં હતાં, જેમની પૃષ્ઠવાર મેળવણી કરી માઈકલ ફેરાડેએ તેમને પૂંઠે મઢવાનાં થતાં હતાં. વિજ્ઞાનને લગતાં પુસ્તકો આવે ત્યારે ફેરાડે કામકાજમાંથી થોડોક સમય ચોરી પોતાને રસ પડે તેવું લખાણ વાંચી પણ નાખે. કોઈ પુસ્તક તેને વધારે આકર્ષિત કરે તો સાંજે ડ્યુટી પછી મોડી રાત સુધી મીણબત્તીના કે ચીમનીના પ્રકાશમાં આખું વાંચી નાખે.

માઈકલ ફેરાડે પોતે આખી જિંદગી કદાચ બૂક-બાઈન્ડર જ રહ્યો હોત, કેમ કે રોજેરોજ મીણબત્તી-ચીમનીના ઝાંખા પ્રકાશે મગજમાં જ્ઞાનનો પ્રકાશ ભરવા છતાં આખરે તો એ લુહારનો દીકરો હતો. રૂઢિચુસ્ત બ્રિટનનો સમાજ ત્યારે એરિસ્ટોક્રેટ તથા આમજન વચ્ચે અન્યાયી રીતે વહેંચાયેલો હતો. ઊંચી પાયરીના સામાજિક તેમજ આર્થિક દરજ્જાનાં બારણાં આમજન માટે હંમેશા બંધ રહેતાં હતાં. માઈકલ ફેરાડે નસીબનો સહેજ બળિયો, એટલે ખાસ તેના લાભાર્થે આકસ્મિક ઘટના બની. એક પ્રકાશકે તેને રૉયલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ખાતે યોજાયેલા કાર્યક્રમની ટિકિટ આપી. કાર્યક્રમ સર હમ્ફ્રી ડેવીના પ્રવચનનો હતો. અભય દીવાનો શોધક હમ્ફ્રી ડેવી તે સમયે બ્રિટનનો સૌથી પ્રતિષ્ઠિત વિજ્ઞાની ગણાતો હતો. પેન અને નોટબૂક સાથે ફેરાડે રૉયલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટના સભાગૃહે પહોંચ્યો અને જીવનમાં પહેલી વખત ઉજળિયાતો વચ્ચે બેઠો. વધુ દિલચસ્પી તેને જો કે ડેવીના પ્રવચનમાં હતી. અગત્યના મુદ્દા અને સૂત્રો તેણે નોટબૂકમાં ઉતાર્યાં. ઘરે પાછા ફર્યા બાદ વિસ્તૃત રીતે બધી વિગતો સારા કાગળ પર લખી, લખાણનું પુસ્તક બાઈન્ડ કર્યું, પૉલિશદાર ભૂરા ચામડાના પૂંઠા પર સુવર્ણ અક્ષરે શીર્ષક પણ

છપાવ્યું અને રૂપકડું દેખાતું પુસ્તક સર હમ્ફ્રી ડેવીને મોકલી આપ્યું.

લખાણ વાંચીને ડેવી આભો બની ગયો. વિજ્ઞાન અંગે માઇકલ ફેરાડેની ઊંડી સમજ એમાં તરી આવતી હતી. પત્ર લખી તેણે ફેરાડેને રૂબરૂ મળવા બોલાવ્યો અને પોતાના લેબોરેટરી આસિસ્ટન્ટ તરીકે રાખી લીધો. ફેરાડેની તરક્કીનું એ પહેલું ચરણ હતું. અલબત્ત, બ્રિટનના શ્રેષ્ઠ બુદ્ધિમાન લેખાતા વિજ્ઞાની પાસે તેણે જે વિવેકબુદ્ધિની અપેક્ષા રાખેલી તે ન ફળી, કેમ કે ડેવીને વાત વાતમાં ગુસ્સે થવાની કુટેવ હતી. ક્યારેક તે ફેરાડે પ્રત્યે ગુરુ જેવી હમદર્દી દાખવે, તો ક્યારેક (મગજ ફટકે ત્યારે) હડદેલો પણ મારી બેસે. વર્ષો સુધી આમ ચાલ્યું. ડેવી અંતે કૂણો પડ્યો. એક યોગાનુયોગ પણ બન્યો. ડેન્માર્કના હાન્સ ઉર્સ્ટેડ/Oersted નામના ભૌતિકશાસ્ત્રીએ વીજળી પર અખતરા કરતી વખતે જોયેલા રહસ્યમય કૌતુકના સમાચાર આગલે દિવસે બ્રિટન પહોંચ્યા હતા. ઉર્સ્ટેડે વીજળીના ઇન્સ્યુલેટેડ તાર પર હોકાયંત્ર મૂક્યું અને પછી તાર દ્વારા વીજળીનો કરન્ટ વહેતો મૂક્યો ત્યારે હોકાયંત્રની સૉય એ તારના સંદર્ભમાં કાટખૂણે વળી હતી.

પરિણામ સાચે જ રહસ્યમય જણાતું હતું, કેમ કે સર હમ્ફ્રી ડેવી સહિત બધા ભૌતિકનિષ્ણાતો વીજળીને તથા ચુંબકત્વને નોખાં પરિબળો માનતા હતા. બેટરી સાથે જોડાયેલા તારમાં અદ્રશ્ય રીતે વહેતી હોય અને ઠંડી મોસમ દરમ્યાન ક્યારેક ઝબકારા સાથે તડતડાટીનો અવાજ પેદા કરતી હોય તે વીજળી, જ્યારે ચુંબકત્વનું પરિબળ ફક્ત લોહકણોને તથા હોકાયંત્રની સૉયને અસર કરનારૂં બિલકુલ જુદું વર્તન દાખવતું કુદરતી પરિબળ હતું. તાર માંહ્યલી વીજળી જમ્પ મારીને હોકાયંત્રની સૉયમાં કેવી રીતે પ્રવેશે ? આ રહસ્યનો પડદો હટાવવાનું કામ સર હમ્ફ્રી ડેવીએ (પહેલીવાર હૃદય મોકળું રાખી) માઇકલ ફેરાડેને સોંપ્યું. માઇકલ ફેરાડે માટે તરક્કીનું એ બીજું ચરણ હતું.

વૈજ્ઞાનિક ભેદભરમો સાથે મનોમન બાથ ભીડતી વખતે પરંપરાગત ચીલે વિચારવાની ફેરાડેને આદત ન હતી. સાવ ભળતા વિષયને પણ તે આડકતરી રીતે વિજ્ઞાન સાથે જોડી શકતો હતો. એક વાર ધૂળની પ્રચંડ ડમરીને જોયા પછી તેને થયું કે એ ચક્રવાત જેવું તારનું ગૂંચળું બનાવી તેની

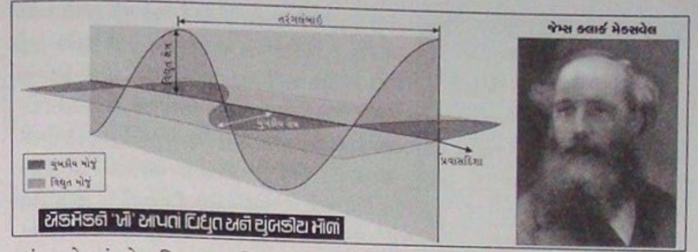
### એક નજર આ તરફ

*આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીમાં સ્પેશ્યલ શબ્દ થોડીક ગેરસમજ પેદા કરે તેવો છે. આમ તો રિલેટિવિટી શબ્દ પણ આઇનસ્ટાઇનને કદી નહોતો જચ્યો. આ ક્રાંતિસર્જક થિઅરી અંગે તંત્રી મેક્સ પ્લાન્કને પાઠવેલા લેખને તેણે On the Electrodynamics of Moving Bodies એવું શીર્ષક આપેલું, જેમાં પ્રકાશની ગતિ absolute/નિરપેક્ષ હોવા પર તેણે ભાર મૂક્યો હતો. આ ગતિના સંદર્ભમાં અંતર/space અને સમય/time નું મૂલ્ય સાપેક્ષ/relative રહે એટલે કે પ્રકાશની ગતિ પ્રમાણે બદલાતું રહે એ મુદ્દો ભૌતિકવિદો સહિત બધા લોકોને 'માનો યા ન માનો' જેવો લાગ્યો, માટે આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનનો લેખ થિઅરી ઑફ એબ્સોલ્યુટને બદલે થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીની મહોર પામ્યો.*

*આ થિઅરી સ્પેશ્યલ તરીકે ઓળખાવાનું કારણ એ કે તેમાં ફક્ત ગતિની વાત છે. સીધી લીટીમાં એકસરખી ઝડપે ગતિ ખેડતા પદાર્થ (કે અંતરિક્ષયાન) માટે અંતરનું તથા સમયનું મૂલ્ય કેવી રીતે બદલાય તે આઇનસ્ટાઇને સમજાવ્યું છે. બાકીના મુદ્દા તેણે બીજી થિઅરીમાં વર્ણવ્યા, જેનું નામ જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી છે.■*







એકમેકને 'ખો' આપતાં વિદ્યુત અને ચુંબકીય મોજાં

અંદર હોકાયંત્રને નહિ, પણ શક્તિશાળી લોહચુંબકને દોરી વડે લટકાવ્યું હોય તો કેમ? અનેક પ્રયોગોના સિલસિલાની એ શરૂઆત હતી, જેના અંતે ફેરાડેએ વિદ્યુત મોટરનો સિદ્ધાંત શોધી કાઢ્યો. આઇનસ્ટાઇનની દ્રષ્ટિએ જોવા બેસો તો ફેરાડેની શોધ દ્વારા એ સાબિત થયું કે વિદ્યુત ઊર્જા/E અને ચુંબકીય ઊર્જા/E એકમેક કરતાં જુદી ન હતી. બન્ને વચ્ચે ગાઢ સંબંધ હતો એટલું જ નહિ, પણ એક જ પરિબળનાં તે જુદાં સ્વરૂપો હતાં. ઇલેક્ટ્રિસિટીને મેગ્નેટિઝમમાં ફેરવી શકાય અને મેગ્નેટિઝમને ઇલેક્ટ્રિસિટીમાં, જેનો અર્થ એ કે વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં વારાફરતી ચુંબકીય ક્ષેત્ર અને વિદ્યુત ક્ષેત્ર રચીને આગળ વધતાં હતાં.

આ છેલ્લા વાક્યનો સાર જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલ નામના સ્કોટિશ વિજ્ઞાનીના ખાતે માંડવો જોઇએ, કેમ કે એ શોધ તેણે કરી. પ્રકાશનાં મોજાંને તેણે વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં તરીકે ઓળખાવ્યાં એ તેની બેનમૂન સિદ્ધિ હતી. સિદ્ધિનો મૂળ જન્મદાતા બેશક માઇકલ ફેરાડે હતો --એટલા માટે કે ફેરાડેએ જ્યાં પોતાનું સંશોધન અટકાવ્યું ત્યાંથી મેક્સવેલે પોતાનું સંશોધન આરંભ્યું હતું. ૧૮૬૪ માં તેણે વિશ્વ આખાના ભૌતિકનિષ્ણાતોને અચંબામાં નાખી દેતી થિઅરી પેશ કરી. થિઅરીનો સાર ટૂંકમાં આટલો :

અંતરિક્ષમાં પ્રવાસ ખેડતો પ્રકાશનો શેરડો કલ્પી લો. પ્રકાશ આગળ વધે તેમ કેટલીક વિદ્યુત ઊર્જા પેદા થાય છે એવું માનો. ઊર્જા પોતાનું વિદ્યુત ક્ષેત્ર રચે છે, જે સમુદ્રી મોજાંની જેમ ઉતારચઢાવ દાખવતું પથરાય છે. પ્રકાશ આગળ જાય, એટલે વિદ્યુત ક્ષેત્ર પોતાના કાટકોણે પથરાતા ચુંબકીય ક્ષેત્રને જન્મ આપે છે અને ચુંબકીય ક્ષેત્રની ઊર્જા વળી પાછી વિદ્યુત ઊર્જાની કારક બને છે. (જુઓ, *ઉપરની આકૃતિ.*) પ્રકાશ એ રીતે અંતરિક્ષમાં નિરંતર તેમજ અફર ઝડપે પ્રવાસ ખેડતો રહે છે. મુખ્ય વાત એ કે ઊર્જાના સ્વરૂપે ખેડે છે.

ભૌતિકનિષ્ણાતોને થયું કે ઊર્જાનાં બીજાં સ્વરૂપો તો ઘણાં છે. કોલસો બળે ત્યારે એમાં સમાયેલી રાસાયણિક ઊર્જા મુક્ત થાય છે. પાણીની વરાળ કરી આપતી તે ઊર્જા કુદરતી રીતે ઉષ્માઊર્જામાં ફેરવાય છે અને તે વરાળ થકી યંત્રનાં ચક્રો ફરે એ વળી યાંત્રિક ઊર્જા યાને ગતિઊર્જા છે. યંત્ર વડે અમુક બોજાને અમુક લેવલે ઊંચે ચડાવો, એટલે તે બોજામાં સ્થિતિઊર્જાનું નિરૂપણ થાય છે. આ બધી ઊર્જાનો કુલ સરવાળો પેલા કોલસામાં રહેલી મૂળ રાસાયણિક ઊર્જા જેટલો જ હોય છે. રતીભાર વધુ નહિ કે રતીભાર ઓછો નહિ. આનો મતલબ શું એમ કરવો

કે ઊર્જાનું માત્ર સ્વરૂપ બદલાય છે અને તેનો કુલ જથ્થો અચળ રહે છે ? અને માઇકલ ફેરાડેએ તથા જેમ્સ મેક્સવેલે વિદ્યુત અને ચુંબકત્વ એક જ સિક્કાની બે સાઇડ હોવાનું જો સાબિત કર્યું તો જૂજવાં રૂપોની બધી ઊર્જા શું પાત્રવરણી બદલ્યા કરતી એક જ ઊર્જા છે ? હોવી જોઇએ. કોઇ બીજું તારણ કાઢી શકાય તેમ નથી, કેમ કે દહન પામતા કોલસાનો દાખલો નજર સામે છે. પરિણામે નવું તારણ એ નીકળે કે જગતમાં (એટલે કે બ્રહ્માંડમાં) ઊર્જા જેટલી છે એટલી છે. કુલ જથ્થો કદી બદલાતો નથી. ઊર્જાનું સર્જન શક્ય નથી તેમ ઊર્જાનો નાશ પોસિબલ નથી.

આ છેલ્લા તાત્પર્યને આઇનસ્ટાઇન વર્ષો પછી તેના સમીકરણ $E=mc^2$ માં સુંદર રીતે ગૂંથી લેવાનો હતો. અલબત્ત, જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલે પ્રકાશને લગતી થિઅરી વિજ્ઞાનજગત સમક્ષ મૂકી ત્યારે આઇનસ્ટાઇનનો જન્મ થવા આડે પણ હજી ૧૫ વર્ષ બાકી હતાં.

## m માસનો m

**આ**ઇનસ્ટાઇને તેના સમીકરણમાં ઊર્જાના E સાથે જેના m ને સામેલ કર્યો એ પદાર્થ વિશે એટલે કે પદાર્થના mass/દળ વિશે ૧૮ મી સદી લગી ભૌતિકશાસ્ત્રના નિષ્ણાતોએ ભાગ્યે જ કશું વિચાર્યું હતું. વિશ્વમાં કે બ્રહ્માંડમાં પદાર્થનો કુલ જથ્થો અચળ છે કે કેમ એ જાણવાનુંયે તેમને સૂઝ્યું ન હતું, જ્યારે આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીમાં એ મુદ્દો ઊર્જાની માફક કેન્દ્રસ્થાને રહેવાનો હતો.



આ દિશામાં પહેલ કરી એન્તોઇન લેવોઝિએ નામના રસાયણશાસ્ત્રીએ, જેને 'મહેતાજી' શબ્દ વડે નવાજો તો પણ ખોટું નહિ. ૧૭૪૩ માં જન્મેલો લેવોઝિએ ફક્ત રસાયણશાસ્ત્રને વળગી રહ્યો હોત તો સારૂં હતું, પણ એ વિષયમાં અભુતપૂર્વ સિદ્ધિનો વાવટો ખોડ્યા પછી લેવોઝિએ ફ્રાન્સના રાજા લુઇ ૧૬ માનો ભાડૂતી 'ટેક્સ કલેક્ટર' બન્યો અને પાપડી ભેગી





ઇયળ બફાય તેમ ફ્રેન્ચ ક્રાંતિ વખતે રાજા ભેગો મોતની સજા વહોરી બેઠો. આ ટ્રેજેડીમાં નજીવી કોમેડી હોય તો એ વાતની કે 'ટેક્સ કલેક્ટર' તરીકે લેવોઝિએ જેમ નાણાંકીય હિસાબ લખતી વખતે જમા-ઉધારના તાળા હંમેશા ચીવટપૂર્વક મેળવી લેતો તેમ પદાર્થના હિસાબમાં પણ જમા-ઉધારના બે ટાંટિયા સચોટ રીતે મેળવી દેખાડ્યાની સિદ્ધિ તેણે પ્રાપ્ત કરી હતી.

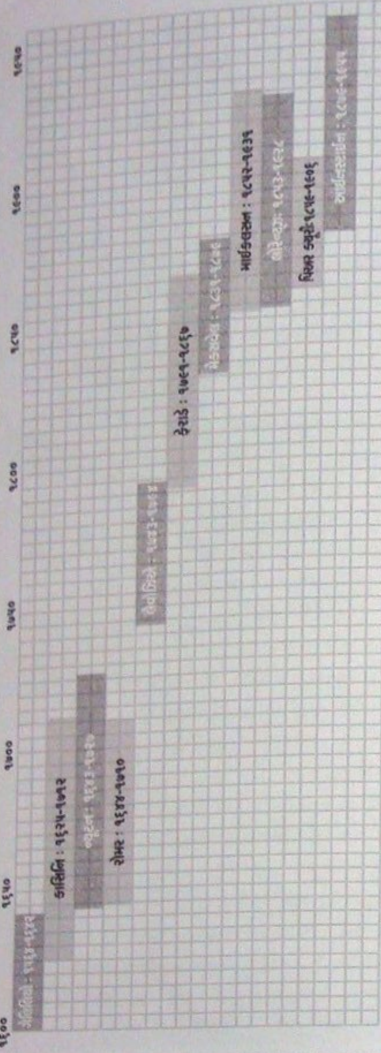


■ ફ્રેન્ચ રસાયણશાસ્ત્રી એન્તોઇન લેવોઝિએ, જેણે સાબિત કરી દેખાડ્યું કે બ્રહ્માંડમાં ઊર્જાની જેમ પદાર્થનો જથ્થો પણ અચળ છે

સિદ્ધિની વાત અહીં ટાંકવામાં આવે તે પહેલાં એક પ્રશ્નનો જવાબ આપો : લોખંડનો ટુકડો કટાયા પછી એટલે કે તેના પર ભસ્મીભવનની ક્રિયા થયા પછી એ ટુકડાનું વજન એટલું જ રહે, અગાઉ કરતાં વધે કે ઘટી જવા પામે ? સાચો જવાબ શો તે જણાવવું નથી. લેવોઝિએ પર છોડી દઇએ.

આ રસાયણશાસ્ત્રી ૧૭૬૮ માં ફ્રાન્સની વિજ્ઞાન અકાદમીનો નિયામક બન્યો. તે અરસા દરમ્યાન ઘણાખરા વિજ્ઞાનીઓ એમ માનતા કે લોખંડ કટાયા પછી તેનું વજન ઘટી જાય, પરંતુ એ મંતવ્યને ચકાસી આપે તેવું સંવેદનશીલ ત્રાજવું બનાવવાની તસ્દી એમણે લીધી ન હતી. વજન ઘટે એ વાત આમેય તેમને ચકાસવાલાયક લાગતી ન હતી, કેમ કે લોજિકલ જણાતી હતી. બીજી તરફ લેવોઝિએ હિસાબના બે છેડા ભેગા કર્યા વિના જંપે તેવો ન હતો. પ્રયોગ માટે જરૂરી સાધનો તેણે બનાવ્યાં. ભેજવાળી હવા ધરાવતી કાચની ઍરટાઇટ પેટીમાં તેણે લોખંડનો ટુકડો મૂક્યો અને કટાવા દીધો. મહિનાઓ પછી તેને કાટના વેરાયેલા દરેક કણ સમેત જોખ્યો. લોખંડના વજનમાં તેને વધારો થયેલો જોવા મળ્યો. કંઇક ગોટાળો થયાનું સમજી બીજી વાર પ્રયોગ કર્યો. ત્રીજી અને ચોથી વાર પણ કર્યો. દર વખતે સરખું પરિણામ આવ્યું. લોખંડનું વજન અગાઉ કરતાં સહેજ (માત્ર સહેજ) વધ્યું હતું. સ્વાભાવિક છે કે હવાનો કેટલોક ઑક્સિજન લોખંડ સાથે ભળ્યો હતો અને કાટરૂપે હવે કેદ હતો. હકીકતે oxidation/ભસ્મીભવનની ક્રિયા તેના લીધે જ થવા પામી હતી.

એન્તોઇન લેવોઝિએ આટલો નિષ્કર્ષ કાઢીને બેસી ન રહ્યો. જમા ખાતે પુરાંત જણસે બોલતી હોય તો ઉધાર ખાતે તેની કોન્ટ્રા-એન્ટ્રી પડી હોવી જોઇએ. ટૂંકમાં, લોખંડે મેળવ્યો તે ઑક્સિજન હવાએ ગુમાવ્યો, માટે ચકાસણીને ખાતર હવાનો તોલ પણ કરવો જોઇએ. આ વખતે તેણે ક્રોસ-ચેકિંગના કાર્યને ઝડપી બનાવવા અમુક દહનશીલ પદાર્થને લેબોરેટરીના 'ધરમ કાંટે' જોખ્યો, કાચની સીલબંધ પેટીમાં સળગાવ્યો અને પછી તેની રાખનો તોલ કર્યો. પેટીની અંદર રહેલી હવાનુંયે પ્રમાણ માપ્યું. રાખ + હવા = પદાર્થનો મૂળ જથ્થો તેના દળના



હિસાબે બેસી ગયો. ઘણા બધા પ્રયોગોનું એકસરખું જ રીઝલ્ટ આવ્યું. પદાર્થનું વજન જેટલું વધ્યું હતું એટલું જ હવાનું ઘટ્યું હતું.

આનો મતલબ એ થાય કે જેવો સિદ્ધાંત conservation of energy/ઊર્જાસંચયનો છે એવો જ conservation of mass/પદાર્થસંચયનો છે. ઊર્જાની જેમ પદાર્થનું માત્ર સ્વરૂપ બદલાય છે. ક્યારેક તે ઘન, ક્યારેક પ્રવાહી, તો ક્યારેક (લેવોઝિએના પ્રયોગ વખતે બન્યું તેમ) વાયુ તરીકે વ્યક્ત થાય છે, પરંતુ બ્રહ્માંડમાં રહેલો તેનો કુલ જથ્થો કદી વધઘટ પામતો નથી. ઊર્જાની માફક પદાર્થ અચળ છે. બિગ બેંગ વખતે સંભવિત સર્જનહારે બ્રહ્માંડનો સાથરો જાણે તેને (યાને કે ખુદ બ્રહ્માંડને) એમ કહીને ફેલાવ્યો કે, 'બજેટના નામે આટલી ઊર્જા અને આટલો પદાર્થ ફાળવું છું. હવે તેના વડે બધાં ખર્ચપાણી ચલાવજે.'

એન્તોઈન લેવોઝિએની સિદ્ધિ ખરેખર કાબિલે તારીફ હતી. પદાર્થવિજ્ઞાનને નવો મોડ આપવામાં તે નિર્ણયાત્મક





પુરવાર થઈ, પણ લેવોઝિએ પોતે આવડી મોટી ફતેહ મેળવ્યા પછી નિર્ણય લેવામાં થાપ ખાધી. રાજા લુઈ ૧૬ માના ઊંચી પાયરીવાળા ટેક્સ-કલેક્ટરનો હોદ્દો તેણે સ્વીકાર્યો. લુઈ આપખુદ, જુલમી અને ઘમંડી હતો, એટલે વિફરેલી પ્રજાએ ફ્રેન્ચ ક્રાંતિ પછી તેને દેહાંતદંડ આપ્યો ત્યારે લેવોઝિએ પણ બચવા ન પામ્યો. ગિલોટિન વડે મે ૮, ૧૭૯૪ ના રોજ તેનો શિરચ્છેદ કરવામાં આવ્યો. એક તરફ ધડ રહ્યું. બીજી તરફ માથું નેતરની ટોપલીમાં પડ્યું.

વર્ષો પછી એન્તોઈન લેવોઝિએની પ્રતિભાના ખભા પર ઊભા રહીને આઈનસ્ટાઈને જે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી ઘડી તે આગુ સે ચલી આતી વૈજ્ઞાનિક પ્રણાલિકાના જ ભાગરૂપ હતી. એક શોધના નકશેકદમ પર બીજી શોધ થાય અને બીજીના પગલે ત્રીજી થાય એવું હંમેશા બનતું આવ્યું હતું—અને બનતું રહે છે. ટેલિગ્રાફની શોધ ટેલિફોનના આવિષ્કાર માટે બુનિયાદ હતી. જહાજના પ્રોપેલરની શોધે પ્રોપેલરસજ્જ વિમાનનો યુગ આણ્યો હતો. સિનેમા પછી ચલચિત્રના એ જ સિદ્ધાંત અનુસાર ટેલિવિઝનનો આવિષ્કાર થયો હતો—તો પછી E અને m ની કેડીએ $E=mc^2$ ની સ્પેશ્યલ થિઅરીમાં હવે બાકી શું રહ્યું.

બાકી રહ્યો c; એટલે કે પ્રકાશનો વેગ, કારણ કે ઈક્વલ ટુની (= ની) સંજ્ઞા તો મિસરના અને ભારતના ગણિતવિદો ક્યારના અપનાવી ચૂક્યા હતા.

## C પ્રકાશવેગનો C

અવ્વલ તો એ પ્રશ્ન થાય કે અંગ્રેજીમાં પ્રકાશ એટલે light, માટે આઈનસ્ટાઈનની $E=mc^2$ ફોર્મ્યુલામાં પ્રકાશની સંજ્ઞા c ને બદલે l ન હોવી જોઈએ ? આઈનસ્ટાઈને Energy માટે E વાપર્યો, પદાર્થના દળને એટલે કે mass ને તેણે m તરીકે ઓળખાવ્યો, તો પ્રકાશના વેગ માટે જરા અજૂગતો જણાય તેવો સિમ્બોલ c કેમ અપનાવ્યો ? ખુદ આઈનસ્ટાઈને તે વાતનો ફોડ કદી ન પાડ્યો, છતાં બહુમાન્ય ખુલાસો એ છે કે તેણે ઝડપ/speed સૂચવતા લેટિન શબ્દ celeritas ના પ્રથમાક્ષરને ફોર્મ્યુલા માટે પસંદ કર્યો હતો. આમાં ગેલિલિયો ગેલિલિ તેનો પ્રેરણાસ્રોત નીવડ્યો હોય તો કહેવાય નહિ. ઈ. સ. ૧૬૦૦ ના અરસાનું યુરોપી વિજ્ઞાન ઈટાલિમાં કેન્દ્રિત થયેલું હતું, જેની ભાષા લેટિન હતી. દા. ત. એક દંતકથા મુજબ ગેલિલિયોએ પિઝાના મિનારા પરથી હળવા અને ભારે એમ બે પદાર્થોને નીચે પડતા મૂકી તેમની જે સ્પીડ માપી એ લેટિન ભાષા મુજબ celeritas હતી. નાનપણમાં ગેલિલિયોના આશિક બનેલા આઈનસ્ટાઈનને કદાચ એટલા માટે પ્રકાશની ઝડપ c તરીકે વ્યક્ત કરવાનું મન થયું હોય એ સંભવિત હતું.

**પ્રકાશનો વેગ પ્રતિસેકન્ડ કેટલો?**

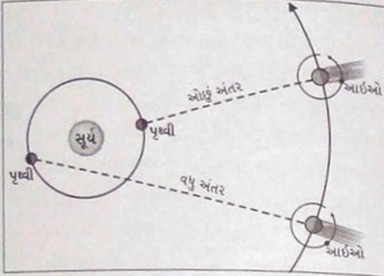
| વેગ માપ્યાનું વર્ષ | કોણે માપ્યો ? | કિલોમીટરમાં કેટલો માપ્યો ? |
|---|---|---|
| ૧૬૭૬ | રોમર | ૨,૧૪,૩૦૦ |
| ૧૭૨૮ | બ્રેડલી | ૨,૯૫,૦૦૦ |
| ૧૮૬૨ | ફોકલ | ૨,૯૮,૦૦૦ |
| ૧૮૭૯ | માઈકલસન | ૨,૯૯,૯૧૦ |
| ૧૮૮૨ | ન્યૂકોમ્બ | ૨,૯૯,૮૬૦ |
| ૧૮૮૭ | માઈકલસન-મોર્લી | ૨,૯૯,૮૫૩ |
| ૧૯૦૨ | પેરોટિન | ૨,૯૯,૯૦૧ |
| ૧૯૨૬ | માઈકલસન-મોર્લી | ૨,૯૯,૭૯૮ |
| ૧૯૬૫ | હેલ્મબર્જર | ૨,૯૯,૭૯૨.૫ |

*નોંધ : પ્રકાશની સેકન્ડદીઠ ઝડપનો સત્તાવાર માન્યતા પામેલો આંક હવે ૨,૯૯,૭૯૨.૪૫૮ કિલોમીટર છે.*


■ ઓલસ રોમર : ડેનિશ ખગોળશાસ્ત્રી

પ્રકાશની ઝડપ માપવાનો સર્વપ્રથમ પ્રયાસ કરનાર વિજ્ઞાની પણ ગેલિલિયો હતો. પ્રયોગની રીત આજે તો હાસ્યાસ્પદ જણાય એટલી હદે કઢંગી હતી. ઊનાળાની ઢળતી સાંજે તેણે બે મદદનીશોને એકમેકથી બરાબર ૧ માઈલ (૧.૬૦૯ કિલોમીટર) છેટે આવેલા બે પર્વતોની ટોચે ફાનસ સાથે ઊભા રાખ્યા. ફાનસની જ્યોત આગળ શટર હતું. એક મદદનીશે પોતાના ફાનસનું શટર ખોલ્યું અને ખોલ્યાનો સમય નોંધ્યો. સામેવાળાએ પ્રકાશ દીઠાનો સમય નોંધ્યો. બેઉના આંકડા લગભગ સરખા નીવડ્યા ત્યારે ગેલિલિયોને થયું કે ક્યાંક લોચો વાગ્યો હતો, પણ સાચી વાત એ છે કે બ્રહ્માંડની સૌથી ઝડપી લીલાનો વેગ લાલટેન વડે માપી શકાય નહિ. બીજી તરફ c ની આંકડાકીય વેલ્યુ નક્કી થાય તે આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીના સૂત્ર $E=mc^2$ માટે અનિવાર્ય બની રહેવાનું હતું.

ગેલિલિયો પ્રકાશના વેગને માપી ન શક્યો તેનું મુખ્ય કારણ તો એ કે સામસામા બે પહાડો વચ્ચે ફક્ત ૧.૬૦૯ કિલોમીટરનું અંતર હતું. પ્રકાશનાં કિરણો તે અંતર ૦.૦૦૦૦૦૫૩૬૫ સેકન્ડમાં કાપી નાખે. આ બારીક તફાવતને માપવો તે ગેલિલિયોના મદદનીશ સંશોધકો માટે વીજળીના ઝબકારે મોતી પરોવવા જેવું નામુમકિન કાર્ય હતું. ૧૬૪૨ માં ગેલિલિયોનું અવસાન થયા પછી લગભગ પાંત્રીસ વર્ષે ૧૬૭૬ માં ડેન્માર્કના ખગોળશાસ્ત્રી ઓલસ રોમરે પૃથ્વીના સંજોગોનો નહિ, પણ અવકાશનો માપદંડ વાપરીને પ્રકાશની ઝડપ માપવાનો પ્રયોગ હાથ ધર્યો. કહો કે અંતરની બહુ લાંબી 'ફૂટપટ્ટી' તેણે પસંદ કરી, જેના એક છેડે પૃથ્વીનો ગોળો હતો અને બીજા છેડે ગુરુનો આઈઓ/ Io નામનો ઉપગ્રહ હતો. બન્ને છેડા ચલાયમાન હતા. ટેલિસ્કોપ વડે નિરીક્ષણ કરતી વખતે ઓલસ રોમરે જોયું કે સૂર્યની પરિક્રમા લેતી પૃથ્વી જ્યારે ગુરુની નજીક જાય ત્યારે ગુરુની પછવાડે અદ્રશ્ય થતા આઈઓનો ગ્રહણકાળ લંબાતો હતો. (જુઓ, *ઉપરની આકૃતિ.*) પ્રમાણમાં વધુ સમય માટે તે ગુરુની ઓથે રહેતો હતો, માટે ગ્રહણ લાંબું ચાલતું હતું.




રોમરના મગજમાં બત્તી ઝબકી. સૂર્ય ફરતે અંતરિક્ષમાં પૃથ્વીનો ગોળો કયા સમયે ક્યાં છે, પૃથ્વીની સપાટી પર રહીને જોતાં ગુરુની તકતી કેટલી મોટી છે, આઈઓની તકતીનો વ્યાસ કેટલો છે વગેરેના આંકડાનો સંદર્ભ પકડીને જાણી શકાય કે આઈઓ કેટલા વખત માટે ગુરુની પાછળ અલોપ રહેવો જોઈએ અને ફરી પાછો ક્યારે ડોકાવો જોઈએ. બધા આંકડા તેણે અને





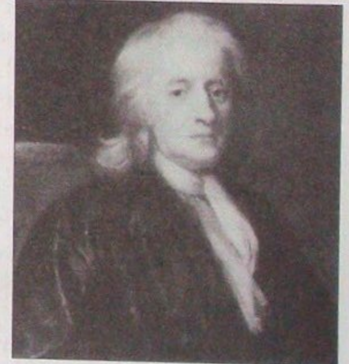
તેના પુરોગામી જિયાં દોમિનિક કાસિનિએ અગાઉ ગણી રાખ્યા હતા. ગ્રહણનો સમય પાક્યો તેના ત્રણ મહિના પહેલાં કાસિનિએ પોતે ખગોળનિદાન કરેલું કે ગુરુની વિરાટ તકતી પાછળ ઓઝલ થયા બાદ આઈઓ નવેમ્બર ૯, ૧૬૭૬ ના રોજ તેના પ્રકાશકિરણ વડે 'હાઉક!' કરતો ફરી બહાર ડોકાવો જોઈએ. ડોકાવાનો એક્ઝેટ સમય : નમતી સાંજે ૫ વાગીને ૨૭ મિનિટનો.

ઓલસ રોમર પોતાનો વૈજ્ઞાનિક સરંજામ ગોઠવીને તૈયાર બેઠો હતો. યુરોપભરનાં ટેલિસ્કોપ ગુરુ સામે મંડાયાં હતાં. નવેમ્બર ૯, ૧૬૭૬ નો દિવસ આવ્યો. સાંજ પડી. કાસિનિએ ભાખેલો ૫:૨૭ નો સમય થયો, પણ ગુરુના નકાબ ઓથે ઢંકાયેલા આઈઓનો છૂટકારો ન થયો. સાંજના ૫:૩૦ થયા. આઈઓ હજી ન આવ્યો.

૫:૩૫ વાગ્યા. નહિ, હજી પણ નહિ.

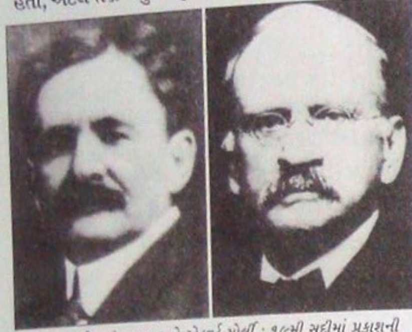
છેવટે ૫:૩૭:૪૯ ના સમયે એટલે કે પાંચ વાગીને સાડત્રીસ મિનિટ અને ઓગણપચાસમી સેકન્ડે ઓલસ રોમરે તેના સૂક્ષ્મગ્રાહી માપકયંત્રમાં આઈઓનું પ્રથમ કિરણ માપ્યું. આ કિરણ નિયત સમય કરતાં મોડું આવ્યું, કેમ કે ગુરુથી શરૂ કરીને પૃથ્વી સુધી પહોંચવા માટે તેણે કરોડો કિલોમીટરનું અંતર કાપવું પડ્યું હતું. અંતરનો તેને ખ્યાલ હતો, માટે તે કાપવામાં પ્રકાશને લગભગ પોણા અગિયાર મિનિટ લાગી હતી. રોમરે તેના આધારે પ્રકાશની ઝડપ ગણી કાઢી : સેકન્ડના ૨,૧૪,૩૦૦ કિલોમીટર.

આંકડો ખોટો હતો, કારણ કે રકમ ખોટી હતી. પૃથ્વી અને ગુરુ વચ્ચેનું અંતર તે સમયે રોમરે ધારેલા અંતર કરતાં ઘણું વધારે હતું, જેને લીધે ફાઈનલ જવાબમાં આશરે ૨૯% નો ફરક રહી જવા પામ્યો હતો. આમ છતાં વર્તમાન હાઈ-ટેક સાધનોના સંદર્ભે સવા ત્રણસો વર્ષ પહેલાંની લૉ-ટેક્નોલોજિ જોતાં ઓલસ રોમરની કોશિશ કમ સે કમ પ્રશંસાના બે શબ્દોને લાયક તો જરૂર હતી. રોમર પછી તેના અનુગામી ખગોળવિદોએ અને ભૌતિક-નિષ્ણાતોએ તેનો વારસો નિભાવ્યો. વધુ ને વધુ ચોકસાઈભર્યા સાધનો વાપરી અને વિવિધ પદ્ધતિઓ લડાવી તેમણે પ્રકાશની ઝડપ માપી. (જુઓ કોઠો, *૪૧ મે પાને.*) પહેલી નોંધપાત્ર સિદ્ધિ ૧૭૨૮ માં બ્રિટિશ ખગોળશાસ્ત્રી જેમ્સ બ્રેડલીને મળી. ગુરુના ઉપગ્રહને બદલે તારાની ગતિવિધિનો એટલે કે પૃથ્વીના સ્થાનફરક મુજબ થતા તારાના સ્થાનાન્તરનો તેણે અભ્યાસ કર્યો. ખુલ્લી છત્રીને ચાલુ વરસાદે આમતેમ નમાવો ત્યારે દરેક ટીપું એ હિલચાલ પ્રમાણે ઓછુંવધુ અંતર કાપ્યા બાદ તેના પર ઝીલાય તેમ અંતરિક્ષમાં (છત્રીરૂપી) પૃથ્વીનું બદલાતું સ્થાન

■ આઈઝેક ન્યૂટન : આ વિજ્ઞાનીએ ઘડેલા ગુરુત્વાકર્ષણના નિયમોને આઈનસ્ટાઈને સાવ અવળી કાઢીએ બેસાડ્યા


તારાના (વરસાદી ટીપાંરૂપી) પ્રકાશકિરણો માટે અંતરમાં વધઘટ લાવતું હતું. અંતરનો ક્યાસ બ્રેડલીએ પૃથ્વીના સ્થાનાન્તરને અનુલક્ષી કાઢ્યો અને તેના આધારે પ્રકાશવેગ ગણી કાઢ્યો. ફિગર : પ્રતિસેકન્ડે ૨,૯૫,૦૦૦ કિલોમીટર.

ક્યા બાત હૈ ! સાચા આંકડાની કેટલો નજીકનો ફિગર! માત્ર ૧.૬૨% જેટલી ભૂલચૂક હતી--અને છતાં 'લેવીદેવી' પણ ગણાય નહિ. આ ભૂલને ફ્રેન્ચ ખગોળશાસ્ત્રી જિયાં ફોકલે ૧૮૬૨ માં ઠીક ઠીક હદે સુધારી. ફોકલનો પ્રયાસ વધુ પ્રશંસનીય એટલા માટે ગણાય કે (અલંકારિક રીતે જોતાં) એ છત્રીસ પહેલ પાડેલા હીરાને છપ્પન પહેલનો બનાવવા મથી રહ્યો હતો, એટલે તેણે બહુ ઝીણું કાર્ય બજાવવાનું હતું. પ્રકાશની ઝડપ તેણે પ્રતિસેકન્ડના ૨,૯૮,૦૦૦ કિલોમીટર આંકી, જે સાચા ફિગર કરતાં ફક્ત ૦.૬૧% ઓછી હતી. અલબત્ત, સાચો ફિગર કયો એ તો ત્યારે કોને ખબર હતી ?


■ આલ્બર્ટ માઇકલસન અને એડવર્ડ મોર્લી : ૧૯મી સદીમાં પ્રકાશની ગતિનો વધુ સચોટ ફિગર તારવનાર ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ

પ્રકાશની ઝડપમાપનના પ્રયોગોને હવે તત્પુરતા બાજુ પર મૂકી થોડુંક વિષયાન્તર કરીએ. પ્રકાશનો વેગ સાચો મપાયો કે ખોટો એ જુદી વાત છે, પણ મપાયો એટલે ન્યૂટન સામે આંગળી ઊઠી. આઇઝેક ન્યૂટને એમ કહેલું કે પ્રકાશ કણોરૂપે વહે છે. વિવિધ કણોની યા રેણુની બનેલી પ્રવાહી વસ્તુ જેવો તેનો રેલો હોય છે. બીજી તરફ માઇકલ ફેરાડેએ તથા જેમ્સ મેક્સવેલે સાબિત કર્યું કે પ્રકાશ વિદ્યુત ક્ષેત્ર, ત્યાર બાદ ચુંબકીય ક્ષેત્ર અને ત્યાર બાદ ફરી વિદ્યુત ક્ષેત્ર એમ વારાફરતી તબદીલ થતાં ક્ષેત્રો રચીને મોજાંરૂપે આગળ વધે છે. રેલાની બાબતમાં ન્યૂટન ખોટો ઠર્યો એટલું જ નહિ, પણ તેની એ થિઅરી પણ બેબુનિયાદ નીવડી કે સૂર્ય-ચંદ્રના ગુરુત્વાકર્ષણની પૃથ્વીને વરતાતી અસર 'ઇન્સ્ટન્ટ' હોય છે. માનો કે સૂર્ય ઓચિંતો ગાયબ થાય તો પૃથ્વી (અને ભેગાભેગ ચંદ્ર) એ જ ક્ષણે તેના ગુરુત્વાકર્ષણની બેડીમાંથી મુક્તિ પામી સીધી લીટીમાં નાસી છૂટે અને પૃથ્વી છૂમંતર થાય તો ચંદ્ર એ જ ક્ષણે મુક્ત બને. બેઉ સંજોગોમાં સૂર્યનો પ્રકાશ તે ક્ષણે પૃથ્વીને મળતો બંધ થાય અને પૃથ્વીનો ઉજાસ ચંદ્રને માટે અંધારપટ બને. પરંતુ અનુક્રમે ૮ મિનિટ અગાઉ પૃથ્વી તરફ નીકળી ચૂકેલા સૂર્યના પ્રકાશનાં અને ૧.૧૯ સેકન્ડ અગાઉ ચંદ્ર તરફ રવાના થયેલા પૃથ્વીનાં ઉજાસકિરણોનું શું ? આ પ્રકાશ તો મોજાંરૂપે લાંબો પ્રવાસ ખેડીને છેવટે પહોંચવો જોઇએ. ગુરુત્વાકર્ષણનાં સંભવિત મોજાંનેય પહોંચવામાં એટલો જ સમય લાગે.

હવે બીજી મોકાણ : ફેરાડે તથા મેક્સવેલે જણાવ્યું તેમ પ્રકાશ જો ખરેખર મોજાંના





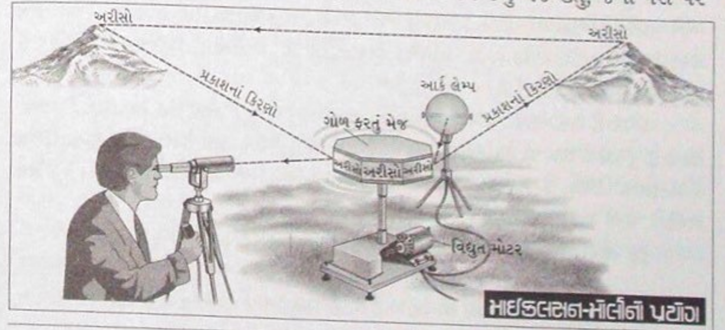
સ્વરૂપે આગળ વધતો હોય તો તેના વહન માટે કશુંક માધ્યમ હોવું જરૂરી નથી ? અવાજનાં મોજાં હવાને માધ્યમ તરીકે વાપરે છે. ધાતુ પણ તેમના માટે સારૂં માધ્યમ છે. સરોવરમાં કાંકરો નાખ્યા પછી જે તરંગો પેદા થાય તેમનું માધ્યમ સરોવરનું પાણી છે. કહેવાનું તાત્પર્ય એ કે જ્યાં માધ્યમ ન હોય ત્યાં મોજાંનો પ્રસાર સંભવે નહિ. બ્રહ્માંડમાં તો શૂન્યાવકાશ છે. કોઇ માધ્યમ દેખાતું કે વરતાતું પણ નથી, તો પ્રકાશનાં મોજાં શી રીતે વહે છે.

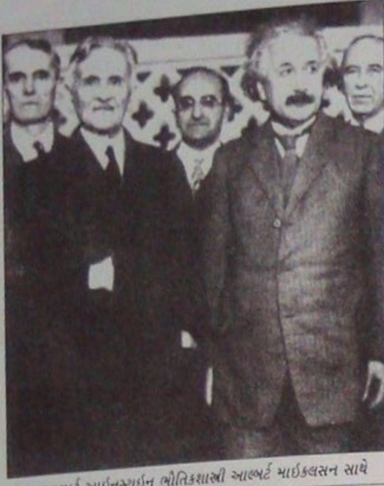
પ્રકાશના સ્વરૂપ અને સ્પીડ વિશે અભુતપૂર્વ શોધખોળો કર્યા પછી સંશોધનનું રામાયણ (ન્યૂટનની લંકાના દહન સાથે) લગભગ સંપૂર્ણ થવું જોઇએ, પણ કમનસીબે ખગોળવિદો માટે હરણની પાછી સીતા કરવાનો વખત આવ્યો. રામાયણનો છેલ્લો અધ્યાય પ્રકાશમોજાંના માધ્યમ પાસે અટકી પડ્યો. સો વાતની એક વાત : માધ્યમનું શું ? મોજાં તેના વગર કદાપિ ન વહે, માટે અંતરિક્ષમાં કશોક ન દેખાતો પદાર્થ હોવો જોઇએ. ખગોળવિદોએ છેવટે પારદર્શક અને જેલીનું સ્વરૂપ ધરાવતો પદાર્થ કલ્પી લીધો--અને તેનું નામ રાખ્યું ઇથર.

ઇથર ક્યાં હતો ? ઇશ્વરની જેમ અખિલ બ્રહ્માંડમાં સર્વત્ર હતો, છતાં પારદર્શક હોવાને લીધે ઇશ્વરની જેમ દેખાતો ન હતો. પ્રકાશનાં મોજાં Ether/ઇથરને માધ્યમ બનાવી તેમાં ગતિ કરતાં હતાં. એકલો પ્રકાશ-જ કેમ ? સૂર્ય, પૃથ્વી, ચંદ્ર અને મંગળ-ગુરુ સહિત બધા અવકાશી ગોળા ઇથરમાં 'જેલીબંબોળ' હતા.

પરિસ્થિતિ હવે નાટ્યાત્મક હતી. નાટકમાં બે નવાં પાત્રો ઉમેરાયાં. ૧૮૭૯ નું વર્ષ હતું. એક નવા પાત્ર તરીકે જર્મનીના ઉલ્મ શહેરમાં આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને જન્મ લીધો, તો બીજા પાત્ર આલ્બર્ટ માઇકલસન નામના અમેરિકન ભૌતિકશાસ્ત્રીએ તે વર્ષે 'જેલીબંબોળ' શબ્દને ચકાસવા માટે ક્રાંતિકારી પ્રયોગનો તખ્તો ગોઠવ્યો. સમગ્ર અંતરિક્ષ જો ઇથરનું શાંત સરોવર હોય તો એમાં દેમાર વેગે ફરતી પૃથ્વીના પરિભ્રમણને લીધે તરંગો પેદા થવા રહ્યા--બિલકુલ એ પ્રમાણે કે જે રીતે સરોવર પર હંકારતું વહાણ પાણીના તરંગોનું કારક બને.

આલ્બર્ટ માઇકલસને અને તેના લેબોરેટરી આસિસ્ટન્ટ એડવર્ડ મોર્લીએ પ્રયોગ માટે જરૂરી સાધનો તૈયાર કર્યાં. સાધનો ટીપટોપ હતાં. કૉફી ટેબલ જેવું મેજ હતું, જેની ધરી પર





■ આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈન ભૌતિકશાસ્ત્રી આલ્બર્ટ માઈકલસન સાથે

ઘૂમતા મેજની પડખે કેટલાક અરીસા જડેલા હતા. બન્ને ભૌતિકનિષ્ણાતોએ તેની સહેજ છેટે આર્ક લેમ્પ ગોઠવ્યો. વધુ દૂરના બે પર્વતોની ટોચે અરીસા મૂક્યા. બીમ-ફાઈન્ડર વડે મેજને તાકી રહેલા નિરીક્ષકને પરાવર્તિત કિરણોનાં મોજાં દેખાતાં હતાં, જેમને છેવટે તો અત્યંત સંવેદનશીલ એવા યંત્ર વડે માપવાનો પ્લાન હતો.

હવે સરોવરને બદલે વહેતી નદી પર હંકારી રહેલા વહાણનું કલ્પનાચિત્ર નજર સામે લાવો. ધારી લો કે વહાણ એક કાંઠો છોડી સામા કાંઠા તરફ પ્રવાસ શરૂ કરે છે. નદીનો હેઠવાસ/downstream તેની ડાબી બાજુ છે. ઉપરવાસ/upstream જમણી બાજુ છે. સ્વાભાવિક છે કે જમણી તરફ પાણીનું વહેણ ઝડપભેર નીકળી જાય, કેમ કે ત્યાં નદીના પ્રવાહને વધુ ખલેલ પહોંચે છે. ડાબી તરફ ઓછા તરંગો જન્મે. માનો કે વહેતી નદીમાં વહાણ સ્થિર હોય તો પણ એવું જ બને, કેમ કે વહાણને બદલે નદી ગતિશીલ છે. આ પાણીને માધ્યમ બનાવી જો પ્રકાશનાં મોજાં તેમાં વહેતાં હોય તો જમણી અને ડાબી બાજુ તેમનો વેગ અનુક્રમે વધુ તેમજ ઓછો હોવો જોઈએ. ઈથરના માધ્યમમાં સતત પ્રવાસ કરતી પૃથ્વીની બાબતે પણ એમ જ બનવું રહ્યું. અગાઉના પાને આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ પ્રકાશની ગતિ માપ્યા બાદ માઈકલસન-મોર્લીએ પૃથ્વીના 'ઉપરવાસ'ના ઈથરમાં અને પછી 'હેઠવાસ'ના સંદર્ભે પ્રકાશની સ્પીડ માપી, પરંતુ આંકડા સરખાવ્યા ત્યારે લેશમાત્ર ફરક જણાયો નહિ. સ્પીડ હતી : પ્રતિસેકન્ડે ૨,૯૯,૯૧૦ કિલોમીટર. વાસ્તવિક સ્પીડ કરતાં માત્ર ૦.૦૪૯% ઓછી !

ઈથરની પણ ભલી થાય ! ભૌતિકનિષ્ણાતોને વર્ષો સુધી નાહકના અંધારામાં રાખ્યા. જ્ઞાનનો પૂરતો ઉજાસ જો કે તેમના મગજમાં ફેલાયો નહિ. આમ છતાં તેઓ એટલું પામી શક્યા કે પ્રકાશનાં કિરણો જેમ્સ મેક્સવેલે જણાવ્યું તેમ વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં છે. પ્રકાશ કદી અટકતો નથી કે ધીમો પડતો નથી.

ટૂંક સાર : પ્રકાશની ગતિ અફર છે અને તે ગતિ પ્રકાશવેગ જેટલી છે. ફુલ સ્ટોપ.

■

ઉલ્મ શહેર ખાતે ૧૮૭૯ માં આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનનો જન્મ ન થયો હોત તો સાચે જ





વાતનું ફુલ સ્ટોપ આવી જાત, પરંતુ સ્વિત્ઝરલેન્ડની બર્ન પેટન્ટ ઑફિસના તે યુવાન ભૌતિકવિદે ૧૯૦૫ માં સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી રજૂ કરી ત્યારે આખી વાત સદંતર નવા વિષયનું અચંબાજનક સ્વરૂપ પામી. ખાસ કરીને એટલા માટે કે ન્યૂટન ફરી વખત ખોટો સાબિત થયો. ન્યૂટને અંતર/space તથા સમય/time એબ્સોલ્યુટ યાને નિરપેક્ષ હોવાનું જણાવ્યું હતું. ગતિ/motion પણ નિરપેક્ષ હોવાનું કહ્યું હતું. આઈનસ્ટાઈને જુદો સૂરો કાઢ્યો : નિરપેક્ષ હોય તો માત્ર પ્રકાશ--અને તેના સિવાય કશું નહિ. બાકીનો દરેક પદાર્થ કે પ્રસંગ કે પરિમાણ તેના સંદર્ભમાં relative/સાપેક્ષ છે.

આ મુદ્દો લાંબી ચર્ચા માગી લે તેવો છે. હાલપુરતાં ફક્ત બે દ્રષ્ટાંતો જોઈએ.

દેમારપ્રસાદ નામનો આછકલો માલેતુજાર રેસિંગ કારનો શોખીન છે. આ શોખ સાર્વજનિક રસ્તા પર પૂરો કરવો એ કાનૂનન અપરાધ બને, છતાં એક્સ્પ્રેસ હાઈ-વે બંધાયા પછી ક્યારેક એવો ચાન્સ મળી પણ જાય એમ ધારી તે તગડી કિંમતની જેગુઆર મોટર વસાવે છે અને પોતાના અભરખા ખાતર તેનું રીમોડેલિંગ કરાવી એ મોટરનો દેખાવ રેસિંગ કાર જેવો બનાવે છે. ડ્રાઈવિંગમાં પોતે કેવો સ્પીડ કિંગ છે તે દેમારપ્રસાદ તેના મિત્ર ગોકળપ્રસાદને બતાવ્યા વિના રહી શકતો નથી. હાઈ-વેની સાઈડ રેલિંગ પર બેસીને ગોકળપ્રસાદ હાથમાં સ્ટોપવૉચ રાખીને જેગુઆરની ગતિ અને દેમારપ્રસાદની ગતિવિધિ માપવા બેઠો છે. ડ્રાઈવિંગના સપાટા પછી દેમારપ્રસાદ પોતાની ઝડપ વિશે રખે ડિંગ મારે, એટલે ગોકળપ્રસાદે ખુદ પણ ઝડપ માપવાનું નક્કી કર્યું છે. આ ચકાસણી માટે તેણે વિચારેલો કીમિયો દેખીતી રીતે અટપટો કે અઘરો નથી. રેસિંગ માટે નક્કી થયેલો ટ્રેક ૧,૬૦૦ મીટર લાંબો છે. આ ફાસલો તય કરવામાં જેગુઆરને લાગતો સમય જાણી તેની સ્પીડ સાદી ત્રિરાશી વડે ગણી શકાય તેમ છે. જેગુઆરની સ્પીડ એકધારી જળવાય છે એમ પણ ધારી લો. સ્પીડ છે કલાકના ૧૯૨ કિલોમીટર, જેને ન્યૂટનના શબ્દોમાં આપણે motion કહી શકીએ. બીજી વાત એ ધારો કે દેમારપ્રસાદે પણ તેની જેગુઆરના ડેશબોર્ડને ટાઈમર ક્લૉક વડે સજ્જ કર્યું છે.

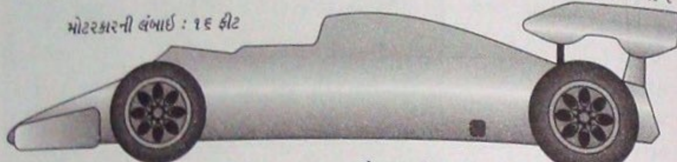


■ મેક્સ પ્લાન્ક (તસવીરમાં ડાબે) સાથે આઈનસ્ટાઈનની પ્રત્યક્ષ મુલાકાત ૧૯૨૯માં થઈ. પરોક્ષ 'મુલાકાત' ૧૯૦૫માં થઈ ચૂકી હતી કે જ્યારે સાપેક્ષવાદનો સિદ્ધાંત સમજાવતો ત્રીસ પાનાંનો લેખ આઈનસ્ટાઈને મેક્સ પ્લાન્કને લખી મોકલ્યો હતો

આઈનસ્ટાઈને સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો ધડાકો કર્યો એ પહેલાં જો રેસનું

આયોજન થયું હોત તો ત્રાહિત વ્યક્તિ એમ કહી શકી હોત કે બેઉ સ્ટોપવૉચમાં સરખો (૩૦ સેકન્ડ જેટલો) સમય વીત્યો, પરંતુ આઇનસ્ટાઇનના મતે એ તારણ ભૂલભર્યું છે. ગોકળપ્રસાદની સ્ટોપવૉચમાં જરૂર ૩૦ સેકન્ડ વીતે, પરંતુ ગતિશીલ એવા દેમારપ્રસાદની સ્ટોપવૉચ ૨૯.૯૯૯૯૯૯૯૯૯૯૯૯૫૨ સેકન્ડ રેકોર્ડ કરે છે. સહેજ ઓછો સમય પસાર થાય છે, કારણ કે તે motion/ગતિ કરી રહ્યો છે. આ તફાવતનો આપણને (કે દેમારપ્રસાદને) અનુભવ ન થવાનું કારણ એટલું જ કે સમયને આટલી સૂક્ષ્મ હદે માપી શકતી ઘડિયાળ બની નથી. ઑલિમ્પિક રમતોત્સવમાં વપરાતી સ્ટોપવૉચનું તો ઠીક, અણુઘડિયાળનું પણ ગજું નહિ. ગમે તેમ, પણ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી મુજબ હકીકત એ કે સમય/time દેમારપ્રસાદ માટે ધીમો પડ્યો છે. આઇનસ્ટાઇનની થિઅરીનું ફરમાન છે કે motion જેમ વધારે તેમ time ધીમો પડવો રહ્યો.

—અને space/અંતરના મામલે શું બને ? સમયની જેમ અંતર પણ નિરપેક્ષ નથી. સાપેક્ષ છે. જેગુઆરના કેસમાં અંતરનો મતલબ length થાય, માટે એ સંદર્ભે બીજો પ્રસંગ




જોઇએ. આ રેસિંગ મોટર ૧૬ ફીટ એટલે કે ૪.૮૮ મીટર લાંબી છે. મોટર સાથે આવેલા મેન્યુઅલમાં તે માપ લખ્યું હોવા છતાં દેમારપ્રસાદને કે ગોકળપ્રસાદને તેના વિશે ખબર નથી. આથી તે ફરી વખત ત્રિરાશીનો સહારો લેવા માગે છે. કલાકના ૧૯૨ કિલોમીટરની રફતારે દોડતી મોટરનું બમ્પર પસાર થયા બાદ પાછળનું બમ્પર પસાર થવામાં વચગાળે જેટલો સમય વીતે તેના આંકડાને મોટરની ઝડપ (૧૯૨ કિલોમીટર) સાથે ગુણી નાખો એટલે ખબર પડી જાય કે જેગુઆર કેટલી લાંબી છે.

આ રેસિંગ કાર અથવા તો સ્પોર્ટ્સ કાર વળી પાછી એકધારી સ્પીડે દોટ મૂકે છે. રેલિંગ પર બેઠેલો ગોકળપ્રસાદ સ્ટોપવૉચ દાબીને બમ્પર-ટુ-બમ્પર વીતેલો સમય માપે છે. કોઇક રીતે એ જ કામ જેગુઆરના ડેશબોર્ડની સ્ટોપવૉચ કરે છે. આ પ્રયોગનું અવલોકન સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીના આગમન પહેલા ત્રાહિત વ્યક્તિએ કર્યું હોત તો ફરી વખત તે એમ કહેત કે બેઉ સ્ટોપવૉચે સરખો જ સમય નોંધ્યો અને મોટરકાર ૧૬ ફીટ (૪.૮૮ મીટર) લાંબી છે. પરંતુ આઇનસ્ટાઇનના સાપેક્ષવાદ મુજબ એ માપ ફક્ત દેમારપ્રસાદની સ્ટોપવૉચને અનુલક્ષી





સાચું છે. નિરીક્ષક તરીકે સ્થાયી રેલિંગ પર સ્થિર બેઠેલા ગોકળપ્રસાદની સ્ટોપવૉચ પ્રમાણે ત્રિરાશી લગાવો તો જેગુઆર મોટરકાર ૧૫.૯૯૯૯૯૯૯૯૯૯૭૪ ફીટ લાંબી છે. એ વાત જુદી છે કે ટૂંકાયેલી લંબાઇને એટલે કે લેન્થરૂપે વ્યક્ત થતા space/અંતરનો દેમારપ્રસાદને કે ગોકળપ્રસાદને ખ્યાલ આવતો નથી, પરંતુ આઇનસ્ટાઇને ઠોસ ફોર્મ્યુલા દ્વારા જણાવ્યું તેમ time ની માફક space પણ સાપેક્ષ છે--અને તેમને નિરપેક્ષ કહેનાર ન્યૂટન ખોટો છે.

આઇનસ્ટાઇનની થિઅરીમાં શંકાને સ્થાન નથી, છતાં વધુ પડતા શંકાશીલ મગજમાં સવાલ કદાચ એ પેદા થાય કે દેમારપ્રસાદને અથવા ગોકળપ્રસાદને જેગુઆરની લંબાઇ ઘટ્યાનો ખ્યાલ કેમ આવતો નથી ? સિમ્પલ અને દીવાને બદલે સર્ચલાઇટ જેવું સ્પષ્ટ કારણ આટલું : પ્રકાશવેગની સરખામણીએ જેગુઆરની ઝડપ કશી વિસાતમાં નથી. પ્રકાશની ઝડપ પ્રતિકલાકે (રિપીટ પ્રતિકલાકે) ૧,૦૭,૯૨,૫૨,૮૪૯ કિલોમીટર છે, તો જેગુઆર ફક્ત ૧૯૨ કિલોમીટરના વેગે દોડે છે. માનો કે એ મોટર પ્રકાશવેગના ૮૭% જેટલા વેગે હંકારે તો ગોકળપ્રસાદ તેની લંબાઇ ૮ ફીટ (૨.૪૪ મીટર) જેટલી માપે ! (જુઓ, *સામેની આકૃતિ*) એ જ રીતે સમયની વાત કરો તો દેમારપ્રસાદ માટે સમય ૫૦% ધીમો પડે અને સ્ટોપવૉચમાં ૩૦ ને બદલે ૧૫ સેકન્ડ વીતે !

■ *મેરી અને પિઅર ક્યૂરી જેઓ આઇનસ્ટાઇનને સાપેક્ષવાદની થિઅરી ઘડવામાં પરોક્ષ રીતે મદદરૂપ થયા*



નવાઇ લાગતી હોય તો એ કુદરતી વાત છે, કેમ કે આપણે પૃથ્વીના કુદરતી સંજોગો વચ્ચે રહીએ છીએ. પ્રકાશવેગ સાથે જેની તુલના કરી શકાય એવી ઝડપ હાંસલ કરવાનું આપણા માટે શક્ય નથી, માટે અહીં રોજેરોજ અને સતત જે અનુભવો થાય તે બ્રહ્માંડનાં ધારાધોરણો કરતાં સાવ જુદાં છે. પરિણામે આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીના સ્વાદિષ્ટ તેમજ થ્રિલિંગ ઘૂંટડા પણ ક્યારેક કડું કરિયાતાની જેમ મગજના 'ગળે' ઉતરે નહિ. પરંતુ આઇન-સ્ટાઇને (અમુક બાબતોમાં પેલા વિરાટ 'ખભાવાળા' તેના સમકાલીન વિજ્ઞાની હેન્ડ્રિક લોરેન્ટ્ઝનાં સમીકરણો વાપરીને) ફોર્મ્યુલાઓ દ્વારા સિદ્ધ કર્યું તેમ--

ટાઇમનો અને સ્પેસનો જથ્થો

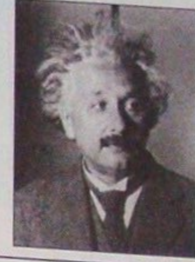
એબ્સોલ્યુટ નથી. ફિક્સ્ડ નથી. એકમેક કરતાં જુદી ઝડપ ધરાવતા બે નિરીક્ષકો સ્પેસના તેમજ ટાઇમના જુદાં મૂલ્યો તારવે છે, કારણ કે મૂલ્યો ખરેખર જુદાં હોય છે. એક જણ માટે જે ટાઇમ વીતે એ બીજા માટે વીતવો જરૂરી નથી, કારણ કે વીતતો નથી. સ્પેસની બાબતમાં પણ બિલકુલ એવું જ બને છે.

બીજા વિરાટ પ્રતિભાના વિજ્ઞાની પિઅર ક્યૂરીએ શોધી કાઢેલું કે રેડિયમ પદાર્થ સ્વયંભૂ રીતે વિકિરણોરૂપી ઊર્જામાં ફેરવાય છે, માટે ઊર્જા અને પદાર્થ એકમેક કરતાં જુદી વસ્તુ નથી. ઊર્જા/E પદાર્થ/m માં અને પદાર્થ ઊર્જામાં રૂપાંતર પામી શકે છે. આખરી બાત : પદાર્થની રફતાર જેમ વધે તેમ તેનો mass/m વધે છે અને ઊર્જા માસમાં ફેરવાય છે, પરંતુ રફતાર પ્રકાશવેગ કરતાં વધી શકે નહિ.

આ વાત સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો આખરી નીચોડ છે. ટૂંકસાર છે. થિઅરી જો કે લંબાણપૂર્વક સમજવા (અને સમજાવવા) જેવી છે.■

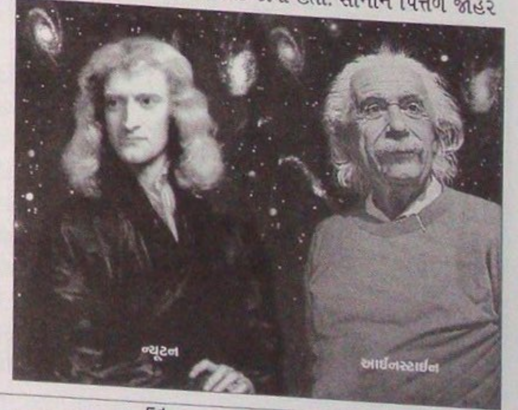


# 4



# સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી

**એ**પ્રિલ-મે, ૧૯૦૫ નાં પાંચેક સપ્તાહ દરમ્યાન માત્ર દિમાગ અને પેન્સિલ વાપરી નોટબૂકના 30 પાનાંની એરણ પર આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને જે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી ઘડી કાઢી તેણે વિજ્ઞાનજગતમાં રિક્ટર સ્કેલ ૧૦ નો ભૂકંપ કેમ સર્જ્યો ? બે કારણો હતાં. અંતર/space, સમય/time અને ગતિ/motion વિશે આઇઝેક ન્યૂટનના પતિતપાવન સીતારામ માનવામાં આવતા મૂળભૂત સિદ્ધાંતોને એ થિઅરીએ ભડાકે દીધા હતા. સોનાને પિત્તળ જાહેર કર્યું હતું એટલું જ નહિ, પણ સ્પેશ્યલ થિઅરીને સોનું પુરવાર કરતા જડબેસલાક પુરાવા આપ્યા હતા. બીજું કારણ એ કે સ્પેશ્યલ થિઅરી સામાન્ય બુદ્ધિના સામા પાટલે બિરાજમાન હતી. અંતર, સમય અને ગતિ અંગે તેમાં રજૂ થયેલી એકેય વાતનો રોજબરોજના અનુભવ



સાથે મેળ ખાતો ન હતો, બલકે હાસ્યાસ્પદ જણાય એટલી હદનો વિરોધાભાસ હતો. ન્યૂટનના સિદ્ધાંતો લોજિકલ અને ટકોરાબંધ જણાતા હતા, જ્યારે આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી કલ્પનાતીત લાગતી હતી.

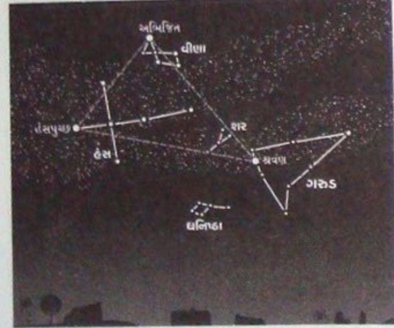
એકાદ મુદ્દે ખયાલ અપના અપના હોય તો જાણે સમજ્યા, પરંતુ આઇઝેક ન્યૂટન તેમજ આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇન વચ્ચે દરેક મુદ્દે ખ્યાલો જુદા હતા. સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી એટલે જ ખૂબ ગાજી અને પાણીદાર હોવાને લીધે ખૂબ વરસી પણ ખરી.

આ થિઅરી પચવામાં ભારે નથી. સામાન્ય બુદ્ધિ તેને આસાનીપૂર્વક હજમ કરી શકે છે. પચવામાં વાયડા પડતા હોય તો એ સ્પેશ્યલ થિઅરીના સૂચિતાર્થો યાને ગર્ભિત અર્થો છે, જે આપણી સામાન્ય બુદ્ધિ સાથે ટકરાય છે. કોમન સેન્સને પડકારે છે. એક તરફ રોમાંચનો અનુભવ થાય છે, તો બીજી તરફ સ્પેશ્યલ થિઅરીના સૂચિતાર્થો માનવા જેવા લાગતા નથી.

'આઇનસ્ટાઇન અને સાપેક્ષવાદ'નું આ ચોથું પ્રકરણ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીના કલ્પનાતીત જણાતા સૂચિતાર્થોને એકદમ સ્પષ્ટ કરી આપે તેમ છે--ભરપૂર મનોરંજનના વાયદા સાથે ! રજૂઆતની શૈલી રસાળ છે. દરેક મુદ્દે ન્યૂટનનાં મંતવ્યોનું તારણ અને ત્યાર બાદ એ જ મુદ્દે આઇનસ્ટાઇનનાં મંતવ્યોનું તારણ રજૂ કર્યા પછી એટલે કે બેય મંતવ્યો અનુસાર જુદાં જુદાં બે બ્રહ્માંડોનો ગુણધર્મ ટાંક્યા પછી આખી વાતને સ્પેશ્યલ થિઅરીના ફોકસમાં મૂકી છે. પરિણામે એ થિઅરીનું દરેક પાસું વારાફરતી સ્પષ્ટ થતું રહે છે. પ્રકરણનો વિષય જ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી છે.

■ <u>ન્યૂટનનું બ્રહ્માંડ</u> : *પ્રકાશની ગતિ તેના સ્રોતની ગતિ પર અવલંબે છે. હેડલાઇટ ધરાવતું અંતરિક્ષયાન જો સેકન્ડના ૨ કિલોમીટરની ઝડપે આગળ વધતું હોય તો પ્રકાશનો શેરડો પ્રતિસેકન્ડે ૩,૦૦,૦૦૦ નહિ, પણ ૩,૦૦,૦૦૨ કિલોમીટરની રફતારે પ્રવાસ ખેડે છે.*

■ <u>આઇનસ્ટાઇનનું બ્રહ્માંડ</u> : *આ માન્યતા ભૂલભરેલી છે. પ્રકાશની ગતિ અફર છે. સ્રોતની ગતિ પર તે અવલંબતી નથી. અંતરિક્ષયાનની ઝડપ સેકન્ડના ૨ કિલોમીટર હોય કે ૨૦,૦૦૦ અથવા ૨,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર, પ્રકાશનો વેગ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર રહે છે. આમાં ફરક પડે નહિ. અંતરક્ષિયાન રીવર્સમાં જતું હોય ત્યારે પણ નહિ.*



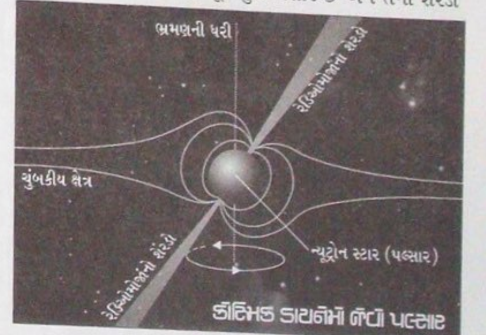

એક ઉદાહરણ : પૃથ્વીથી આશરે ૧,૫૦૦ પ્રકાશવર્ષ છેટે ગરુડ/Aquila નક્ષત્રમાં મોટરકારની નંબર પ્લેટ જેવું PSR 1913+16 નું ઓળખપત્ર ધરાવતો યુગ્મ તારો આવેલો છે. વિશેષણ યુગ્મ છે, માટે તારો એક નથી.





બે છે. બન્ને ન્યૂટ્રોન સ્ટાર છે. (જુઓ, *આગામી પાને એક નજર આ તરફ.*) લાખો, કરોડો કે અબજો વર્ષ પહેલાં એ દરેક તારો વારાફરતી સુપરનોવા તરીકે ફાટ્યો, વિસ્ફોટના ક્ષણાર્ધ પહેલાં તેનો સારો એવો પદાર્થ કેન્દ્ર તરફ ફસક્યો અને પછી બાહ્ય આવરણનાં ગાભાછોતરાં નીકળી ગયાં ત્યારે ફક્ત કેન્દ્રીય ઠળિયો બાકી રહ્યો. ઊર્જાસંચયના સિદ્ધાંત અનુસાર ધરીભ્રમણનો વેગ એકદમ વધ્યો. બન્ને તારા પ્રતિસેકન્ડે કેટલાય આંટા લેખે ફુદરડી લેતા થયા. જોગાનુજોગ થયું એવું કે અંતરિક્ષમાં તેમને પોતપોતાના દળ/mass ને અનુલક્ષી ગુરુત્વાકર્ષણનું સમાન કેન્દ્ર મળ્યું, જેની ફરતે તેઓ અનુક્રમે બાહ્ય તેમજ આંતરિક ભ્રમણકક્ષા રચી ગરબે ઘૂમવા લાગ્યા. (જુઓ, *ઉપરની આકૃતિ.*) ગુરુત્વાકર્ષણનું કેન્દ્ર તેમના માટે બેલેન્સ પોઇન્ટ બન્યું.

આજે પૃથ્વીવાસી ખગોળવિદો બન્ને PSR 1913+16 તારાને પલ્સેટિંગ સ્ટાર એટલે કે પલ્સાર તરીકે ઓળખી ચૂક્યા છે. બન્ને તારા કોસ્મિક ડાયનેમો છે. અત્યંત બળવાન ચુંબકીય ક્ષેત્રો ધરાવે છે. અંતરિક્ષમાં ભટકતા ઇલેક્ટ્રોન્સ જેવા એ ક્ષેત્રોની અડફેટે ચડે કે તરત બન્ને ધ્રુવો તેમનાં વિકિરણોને લગભગ પ્રકાશની ઝડપે વહેતા મૂકે છે. સાંકડા પનાની વેગવાન ટશર ફૂટે છે. પરિણામે જે સ્થિતિ ખડી થાય તે અંધારી રાતે ધરી પર ફરતી દીવાદાંડીની 'ઇફેક્ટ' કરતાં જુદી હોતી નથી. તફાવત એ જ કે ન્યૂટ્રોન સ્ટાર કહેવાતી અવકાશી દીવાદાંડી દ્રશ્ય પ્રકાશને બદલે અદ્રશ્ય વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં અંતરિક્ષમાં દૂર સુધી પ્રસારે છે અને તેનો શેરડો જ્યારે પૃથ્વીની સીધમાં આવી જાય ત્યારે અહીં ખગોળવિદોનાં રેડિઓ ટેલિસ્કોપ ન્યૂટ્રોન સ્ટારના બીપ... બીપ...નો અવાજ સાંભળે છે. લક બાય ચાન્સ PSR 1913+16 ના એક પલ્સારનો વિદ્યુતચુંબકીય શેરડો એ તારાની ફુદરડી દરમ્યાન પૃથ્વીની સીધમાં આવતો રહે છે.



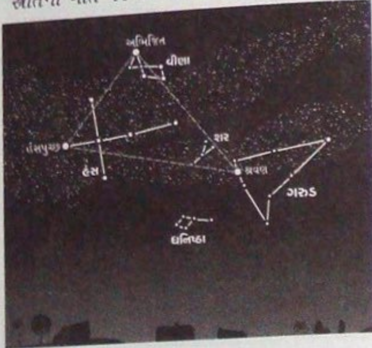
સાથે મેળ ખાતો ન હતો, બલકે હાસ્યાસ્પદ જણાય એટલી હદનો વિરોધાભાસ હતો. ન્યૂટનના સિદ્ધાંતો લોજિકલ અને ટકોરાબંધ જણાતા હતા, જ્યારે આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરી કલ્પનાતીત લાગતી હતી.

એકાદ મુદ્દે ખયાલ અપના અપના હોય તો જાણે સમજ્યા, પરંતુ આઈઝેક ન્યૂટન તેમજ આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈન વચ્ચે દરેક મુદ્દે ખ્યાલો જુદા હતા. સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી એટલે જ ખૂબ ગાજી અને પાણીદાર હોવાને લીધે ખૂબ વરસી પણ ખરી.

આ થિઅરી પચવામાં ભારે નથી. સામાન્ય બુદ્ધિ તેને આસાનીપૂર્વક હજમ કરી શકે છે. પચવામાં વાયડા પડતા હોય તો એ સ્પેશ્યલ થિઅરીના સૂચિતાર્થો યાને ગર્ભિત અર્થો છે, જે આપણી સામાન્ય બુદ્ધિ સાથે ટકરાય છે. કોમન સેન્સને પડકારે છે. એક તરફ રોમાંચનો અનુભવ થાય છે, તો બીજી તરફ સ્પેશ્યલ થિઅરીના સૂચિતાર્થો માનવા જેવા લાગતા નથી.

'આઈનસ્ટાઈન અને સાપેક્ષવાદ'નું આ ચોથું પ્રકરણ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીના કલ્પનાતીત જણાતા સૂચિતાર્થોને એકદમ સ્પષ્ટ કરી આપે તેમ છે--ભરપૂર મનોરંજનના વાયદા સાથે ! રજૂઆતની શૈલી રસાળ છે. દરેક મુદ્દે ન્યૂટનનાં મંતવ્યોનું તારણ અને ત્યાર બાદ એ જ મુદ્દે આઈનસ્ટાઈનનાં મંતવ્યોનું તારણ રજૂ કર્યા પછી એટલે કે બેય મંતવ્યો અનુસાર જુદાં જુદાં બે બ્રહ્માંડોનો ગુણધર્મ ટાંક્યા પછી આખી વાતને સ્પેશ્યલ થિઅરીના ફોકસમાં મૂકી છે. પરિણામે એ થિઅરીનું દરેક પાસું વારાફરતી સ્પષ્ટ થતું રહે છે. પ્રકરણનો વિષય જ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી છે.

- ન્યૂટનનું બ્રહ્માંડ : *પ્રકાશની ગતિ તેના સ્રોતની ગતિ પર અવલંબે છે. હેડલાઈટ ધરાવતું અંતરિક્ષયાન જો સેકન્ડના ૨ કિલોમીટરની ઝડપે આગળ વધતું હોય તો પ્રકાશનો શેરડો પ્રતિસેકન્ડે ૩,૦૦,૦૦૦ નહિ, પણ ૩,૦૦,૦૦૨ કિલોમીટરની રફતારે પ્રવાસ ખેડે છે.*
- આઈનસ્ટાઈનનું બ્રહ્માંડ : *આ માન્યતા ભૂલભરેલી છે. પ્રકાશની ગતિ અફર છે. સ્રોતની ગતિ પર તે અવલંબતી નથી. અંતરિક્ષયાનની ઝડપ સેકન્ડના ૨ કિલોમીટર હોય કે ૨૦,૦૦૦ અથવા ૨,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર, પ્રકાશનો વેગ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર રહે છે. આમાં ફરક પડે નહિ. અંતરક્ષિયાન રીવર્સમાં જતું હોય ત્યારે પણ નહિ.*




એક ઉદાહરણ : પૃથ્વીથી આશરે ૧,૫૦૦ પ્રકાશવર્ષ છેટે ગરુડ/Aquila નક્ષત્રમાં મોટરકારની નંબર પ્લેટ જેવું PSR 1913+16 નું ઓળખપત્ર ધરાવતો યુગ્મ તારો આવેલો છે. વિશેષણ યુગ્મ છે, માટે તારો એક નથી.



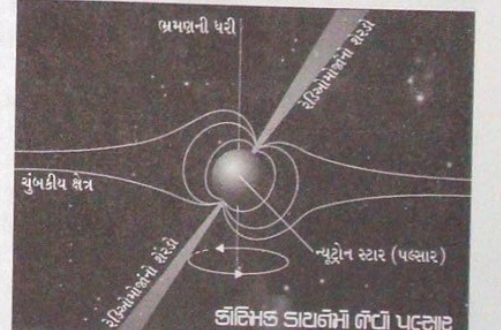


બે છે. બન્ને ન્યૂટ્રોન સ્ટાર છે. (*જુઓ, આગામી પાને એક નજર આ તરફ.*) લાખો, કરોડો કે અબજો વર્ષ પહેલાં એ દરેક તારો વારાફરતી સુપરનોવા તરીકે ફાટ્યો, વિસ્ફોટના ક્ષણાર્ધ પહેલાં તેનો સારો એવો પદાર્થ કેન્દ્ર તરફ ફસક્યો અને પછી બાહ્ય આવરણનાં ગાભાછોતરાં નીકળી ગયાં ત્યારે ફક્ત કેન્દ્રીય ઠળિયો બાકી રહ્યો. ઊર્જાસંચયના સિદ્ધાંત અનુસાર ધરીભ્રમણનો વેગ એકદમ વધ્યો. બન્ને તારા પ્રતિસેકન્ડે કેટલાય આંટા લેખે




ફુદરડી લેતા થયા. જોગાનુજોગ થયું એવું કે અંતરિક્ષમાં તેમને પોતપોતાના દળ/mass ને અનુલક્ષી ગુરુત્વાકર્ષણનું સમાન કેન્દ્ર મળ્યું, જેની ફરતે તેઓ અનુક્રમે બાહ્ય તેમજ આંતરિક ભ્રમણકક્ષા રચી ગરબે ઘૂમવા લાગ્યા. (*જુઓ, ઉપરની આકૃતિ.*) ગુરુત્વાકર્ષણનું કેન્દ્ર તેમના માટે બેલેન્સ પોઈન્ટ બન્યું.

આજે પૃથ્વીવાસી ખગોળવિદો બન્ને PSR 1913+16 તારાને પલ્સેટિંગ સ્ટાર એટલે કે પલ્સાર તરીકે ઓળખી ચૂક્યા છે. બન્ને તારા કોસ્મિક ડાયનેમો છે. અત્યંત બળવાન ચુંબકીય ક્ષેત્રો ધરાવે છે. અંતરિક્ષમાં ભટકતા ઈલેક્ટ્રોન્સ જેવા એ ક્ષેત્રોની અડફેટે ચડે કે તરત બન્ને ધ્રુવો તેમનાં વિકિરણોને લગભગ પ્રકાશની ઝડપે વહેતા મૂકે છે. સાંકડા પનાની વેગવાન ટશર ફૂટે છે. પરિણામે જે સ્થિતિ ખડી થાય તે અંધારી રાતે ધરી પર ફરતી દીવાદાંડીની 'ઈફેક્ટ' કરતાં જુદી હોતી નથી. તફાવત એ જ કે ન્યૂટ્રોન સ્ટાર કહેવાતી અવકાશી દીવાદાંડી દ્રશ્ય પ્રકાશને બદલે અદ્રશ્ય વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં અંતરિક્ષમાં દૂર સુધી પ્રસારે છે અને તેનો શેરડો જ્યારે પૃથ્વીની સીધમાં આવી જાય ત્યારે અહીં ખગોળવિદોનાં રેડિઓ ટેલિસ્કોપ ન્યૂટ્રોન સ્ટારના બીપ... બીપ...નો અવાજ સાંભળે છે. લક બાય ચાન્સ PSR 1913+16 ના એક પલ્સારનો વિદ્યુતચુંબકીય શેરડો એ તારાની ફુદરડી દરમ્યાન પૃથ્વીની સીધમાં આવતો રહે છે.



આ તારાનું અસ્તિત્વ સપ્ટેમ્બર ૧, ૧૯૭૪ ના રોજ શોધી કાઢનાર નવા નિશાળિયા ખગોળશાસ્ત્રી રસેલ હલ્સને કલ્પના નહોતી કે તેણે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીની વધુ એક ઠોસ સાબિતી પણ શોધીને જગત સમક્ષ હાજર કરી છે. રસેલ હલ્સ અમેરિકાની મેસેચુશેટ્સ યુનિવર્સિટીમાં ખગોળશાસ્ત્રનો વિદ્યાર્થી હતો. યુનિવર્સિટીના પ્રોફેસર જોસેફ ટેલરે તેને એ વિષયના પ્રેક્ટિકલ અભ્યાસ માટે પુર્તો રિકો મોકલ્યો, જ્યાં અમેરિકાએ વિશ્વનું સૌથી ગંજાવર રેડિઓ ટેલિસ્કોપ આર્સિબો શહેર નજીક સ્થાપ્યું હતું. પ્રથમવારના રોકાણ દરમ્યાન હલ્સે જુલાઇ ૨, ૧૯૭૪ ના રોજ ગરુડ નક્ષત્રના પલ્સારનો તેનાં બીપ... બીપ... સિગ્નલો દ્વારા પત્તો લગાવ્યો. આર્સિબોની બીજી મુલાકાત તેણે ઑગસ્ટમાં લીધી. આ વખતે જોયું તો 'પલ્સ રેટ' અગાઉ કરતાં જુદો હતો. સપ્ટેમ્બર ૧, ૧૯૭૪ ના દિવસે તેણે દરેક ધબકારો ૦.૦૫૯૦૨૯૯૯૫૨૭૧ સેકન્ડે માપ્યો–અને તે વળી ઑગસ્ટ કરતાં જુદો હતો.




**એક નજર આ તરફ**

*કઇ જાતના તારાનું કેવી રીતે મૃત્યુ થાય તેના વિશે ડૉ. સી. વી. રામનના ભત્રીજા ડૉ. સુબ્રહ્મણ્યમ્ ચંદ્રશેખરે (જમણો ફોટો) ૧૯૩૦ના દાયકામાં નવી થિઅરી ઘડી કાઢી હતી, જેને તેમના અંગ્રેજ ગુરુ આર્થર એડિંગ્ટને હસી કાઢી હતી. થિઅરી માટે જો કે ચંદ્રશેખરને જતે દહાડે ૧૯૮૩ના વર્ષનું નોબેલ પારિતોષિક મળવાનું હતું.*



*આ ભારતીય વિજ્ઞાનીએ તારામંડળો સામે ટેલિસ્કોપ માંડવાને બદલે ફક્ત કાગળ પર ગણતરીઓ માંડીને હિસાબ તારવેલો કે અંતરિક્ષના જે તારાનું દળ આપણા સૂર્યની તુલનાએ ૧.૪ ગણા કરતાં વધી જાય તેની અણુભઠ્ઠીનું સપાટીતરફી દબાણ એ જબરજસ્ત દળનું દબાણ ખમી શકે નહિ. આ લિમિટ આવી ગયા પછી તારો પોતાના કેન્દ્ર તરફ એકાએક ફસકી પડે અને કાં તો ધડાકાભેર ફાટે અથવા તો બ્લેક હોલ બને. છેવટે અંજામ તેના દળ વડે નક્કી થાય એમ ચંદ્રશેખરે જણાવ્યું.*

*તારો ફસકી પડે ત્યારે વાયુનું બનેલું પોતાનું બાહ્ય આવરણ કાશ્મીરી લીચીના નરમ ગલની જેમ તે ગુમાવી બેસે છે. તારાના કેન્દ્રમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોન તથા પ્રોટોન ભયંકર દબાણ વચ્ચે ન્યૂટ્રોનમાં રૂપાંતર પામે અને છેવટે ન્યૂટ્રોનનો આંતરિક ઠળિયો બાકી રહેવા પામે છે. કસોકસ ભીડાયેલા એ ન્યૂટ્રોનનો ફક્ત ચમચીભર જથ્થો આપણી પૃથ્વીના ત્રાજવે જોખો તો વજન ૧૦ કરોડ ટન કરતાં ઓછું થાય નહિ !■*

આનો સ્પષ્ટ મતલબ એ થાય કે ન્યૂટ્રોન સ્ટારનું ધરીભ્રમણ વધઘટ પામતું હતું. બદલાવાનું કારણ શું ? એક જ કારણ એ સંભવે કે પલ્સાર યુગ્મ તારો હતો. બીજો જોડીદાર તારો બન્ને વચ્ચેનું અંતર ઘટે ત્યારે તેને પોતાના ગુરુત્વાકર્ષણ વડે ખલેલ પહોંચાડતો હતો. ધરી પરના ભ્રમણવેગને બદલી નાખતો હતો. બન્ને વચ્ચેનું અંતર વધઘટ પામે ત્યારે ખલેલનું પ્રમાણ બદલાતાં અને ધરીભ્રમણ જરા ઝડપી બનતાં કે ધીમું પડતાં બીપ... બીપ...નાં સિગ્નલો વચ્ચેનો સમયગાળો બદલાતો હતો.

વિદ્યાર્થીએ કરેલી શોધ વડે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીને ચકાસવાનું કામ ગુરુ જોસેફ ટેલરે હાથ ધર્યું. બાઇનરી ન્યૂટ્રોન સ્ટારનો શેરડો ભલે પ્રકાશિત ન હોય, પણ





છેવટે તો એ શેરડાના તરંગો વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં હતાં. આથી તેમનો પણ વેગ પ્રકાશવેગ જેટલો અનિવાર્યપણે હોવો જોઇએ. (પ્રકાશનાં મોજાં એટલે પણ વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં.) જોસેફ ટેલરે પોતાના સંશોધનમાં રસેલ હલ્સને સાથે રાખ્યો. બેઉએ જોયું કે PSR 1913+16 પલ્સાર આપણી પૃથ્વીના સંદર્ભમાં દૂર જાય ત્યારે તેની ઝડપ સેકન્ડદીઠ ૩૦૦ કિલોમીટર રહેતી હતી. થોડા વખત બાદ એટલા જ વેગે તે નજીક આવતો હતો.

સેકન્ડના ૩૦૦ કિલોમીટરનો વેગ જેવો તેવો નથી. વૈજ્ઞાનિક એટલે કે વાસ્તવિક દ્રષ્ટિએ વિદ્યુતચુંબકીય મોજાંને પ્રકાશનાં જ મોજાં સમજીને ચાલો તો પૃથ્વીની નિકટ આવતી વખતે પલ્સારે રવાના કરેલાં મોજાં (ન્યૂટન જો સાચો હોય તો) પૃથ્વીને વહેલાં પહોંચવાં જોઇએ. પૃથ્વીથી દૂર જતી વખતે તેણે પ્રસારિત કરેલાં મોજાં (ફરી વખત ન્યૂટન જો સાચો હોય તો) પ્રમાણમાં મોડાં આવવાં રહ્યાં.




■ પલ્સારનો 'એક્સ-રે' કાઢનાર રસેલ હલ્સ (ડાબે) તથા જોસેફ ટેલર

ઉદાહરણને તદ્દન સિમ્પલ કરી નાખવા માટે વધુ સરળ દાખલો લઇએ. માનો કે પૃથ્વીની નિકટ આવતા પલ્સારનો એટલે કે ન્યૂટ્રોન સ્ટારનો પલ્સ રેટ તેના બદલાતા ધરીભ્રમણને લીધે સેકન્ડદીઠ ૧૦ છે અને તે દૂર જાય ત્યારનો પલ્સ રેટ ૨૦ છે, તો ૧૦ પલ્સ રેટ અહીં મળ્યા પછી ૨૦ નો પલ્સ રેટ આવતાં વર્ષો લાગે. વિલંબ થાય ૩૮,૯૦,૭૩,૦૭,૦૦૦ વર્ષનો, કારણ કે ૨૦ નો પલ્સ રેટ દર સેકન્ડે ૩૦૦ કિલોમીટર પાછળ રહી જાય છે, છતાં જોસેફ ટેલરે અને રસેલે જોયું કે મોજાંના આગમનમાં સહેજ પણ ફરક પડતો નથી. પલ્સાર નજીક આવતો હોય કે દૂર જતો હોય, પણ તેનાં વિદ્યુતચુંબકીય મોજાંનો વેગ અફર રહે છે--એટલે કે પ્રકાશવેગ જેટલો !

ટૂંકમાં, પ્રકાશની ગતિ તેના સ્રોતની ગતિ પર અવલંબતી નથી. આઇનસ્ટાઇનને ફરીવાર સાચો (અને ન્યૂટનને ખોટો) સાબિત કરનાર ટેલર અને હલ્સ ૧૯૯૩ ના વર્ષનું નોબેલ પારિતોષિક પામ્યા. હવે ગરુડ નક્ષત્રવાળા PSR 1913+16 પલ્સારના દ્રષ્ટાંતનો સારાંશ :

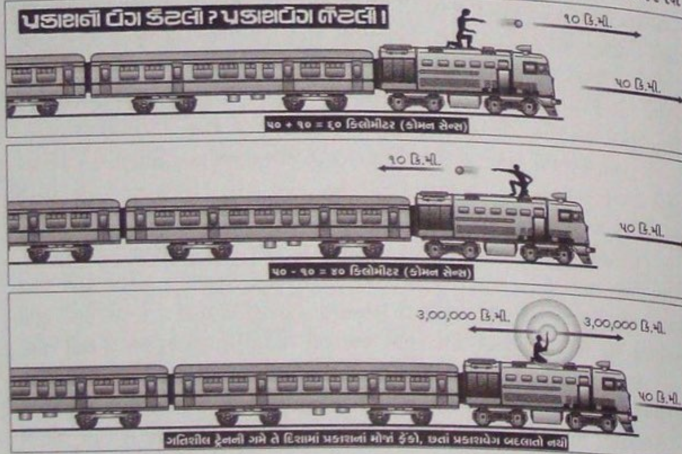
પ્રકાશનો વેગ અફર છે. નિરપેક્ષ/absolute છે અને તેના સંદર્ભમાં અંતર/space, સમય/time તથા ગતિ/motion સાપેક્ષ/relative છે. અહીં પલ્સારનાં વહેલાં અને મોડાં રવાના થયેલાં મોજાંએ કાપવું પડેલું અંતર પ્રમાણમાં વધુઓછું હોવા છતાં તેમણે પૃથ્વી સુધી પહોંચવા માટે એકસરખો સમય લીધો--અને પલ્સારની ગતિ તેમાં કશો ફરક પાડી શકી નહિ.

ફરક કેમ ન પડ્યો ? સાપેક્ષવાદની સ્પેશ્યલ થિઅરી અનુસાર તેનું કારણ એ કે અંતરિક્ષના શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશવેગ અફર રહે છે. કદાપિ વધઘટ પામતો નથી. વેગ અફર રહેવાનું કારણ એ કે પ્રકાશને માધ્યમની જરૂર નથી. પ્રકાશની આસપાસ કશું માધ્યમ જ ન હોય, એટલે

વધઘટ થાય શેના સંદર્ભમાં ? દા. ત. અવાજની ઝડપ સમુદ્રસપાટીએ પ્રતિસેકન્ડે ૩૪૦ મીટર છે, તો એ સ્થિર હવાના સંદર્ભમાં એટલે કે સાપેક્ષમાં છે. પ્રકાશને આવી સાપેક્ષતા લાગુ પડતી નથી, માટે તે નિરપેક્ષ રહીને એકધારી ઝડપે પ્રવાસ કરે છે.

આ ખુલાસો દેખીતી રીતે સંતોષકારક નથી. આપણી કોમન સેન્સ પ્રમાણે શું થાય એ બતાવતો ડાયાગ્રામ નીચે બતાવ્યો છે. પ્રતિકલાકે ૫૦ કિલોમીટરના વેગે દોડતી ટ્રેન ઉપર ગોઠવાયેલો યાત્રી ટ્રેનના પ્રવાસની દિશામાં પથરો ફેંકે છે. પથરાની ઝડપ કલાકના ૧૦ કિલોમીટર છે. સ્વાભાવિક છે કે પાટા નજીક જમીન પર સ્થિર ઊભેલો નિરીક્ષક પથરાની ઝડપ ૬૦ કિલોમીટર માપે. (ટ્રેનની સ્પીડ ૫૦ કિલોમીટર વત્તા ટ્રેનની સાપેક્ષે પથરાની સ્પીડ ૧૦ કિલોમીટર.) આ કોમન સેન્સની વાત છે. થોડા વખત પછી ટ્રેનની વળતી સફર દરમ્યાન તેના ઉપરનો યાત્રી ટ્રેનના પ્રવાસની વિરૂદ્ધ દિશામાં પથરાનો ઘા કલાકના ૧૦ કિલોમીટરના વેગે કરે છે. જમીન પરનો નિરીક્ષક ત્યારે પથરાની ઝડપ ૪૦ કિલોમીટર માપે તેમાં આશ્ચર્ય નથી. (ટ્રેનની સ્પીડ ૫૦ કિલોમીટર માઇનસ ટ્રેનની સાપેક્ષે અને વિરૂદ્ધ દિશામાં ફંગોળાયેલા પથરાની ઝડપ ૧૦ કિલોમીટર.) આ પણ કોમન સેન્સની વાત છે. પ્રશ્ન એ છે કે પ્રકાશની બાબતમાં આવા સરવાળા અને બાદબાકી કેમ થતા નથી ?

પ્રકાશવેગ અફર છે એ તો જાણે દલીલને ખાતર સ્વીકારી લઇએ, પ્રકાશનો સ્રોત આગળ તરફ ગતિ કરતો હોય ત્યારે એ ગતિનો આંકડો પ્રકાશવેગના આંકડામાં ઉમેરાવો ન જોઇએ? અને સ્રોત પાછળ તરફ ગતિ કરે એ વખતે બાદબાકી ન થવી જોઇએ ? સાહજિક પ્રશ્ન છે. વિસ્તૃત જવાબ માટે થોડીક રાહ જુઓ. હાલપુરતો તેનો ટૂંકો જવાબ એ કે નિરપેક્ષ








પ્રકાશવેગના સંદર્ભમાં અંતર/space તથા સમય/time સાપેક્ષ છે અને પ્રકાશના વેગને અફર રાખવા તેઓ જરૂરી માત્રામાં વધઘટ પામે છે. અંતર તથા સમય પોતે 'એડજસ્ટ' થાય, માટે દૂર જતા તેમજ નજીક આવતા પલ્સાર તારાનાં વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં સમાન વખતે પૃથ્વી સુધી પહોંચે છે ! સારાંશ : પ્રકાશવેગ હંમેશા પ્રકાશવેગ જેટલો રહે છે.

■ *ન્યૂટનનું બ્રહ્માંડ : સમય/time ને પોતાનું સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ છે. કોઈ બાહ્ય પરિબળને ગણકાર્યા વગર તેનો પ્રવાહ એકધારી ઝડપે વહે છે. સમયની રફતાર કદી વધઘટ પામે નહિ.*

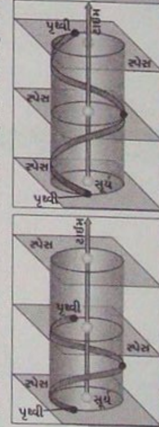
■ *આઈનસ્ટાઈનનું બ્રહ્માંડ : સમયને પોતાનું સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ નથી, કેમ કે તે સાપેક્ષ/relative છે. સ્પેસ અને ટાઈમ પરસ્પર વણાયેલા છે. ટાઈમ એ થ્રી-ડાયમેન્શનલ સ્પેસનું જ ચોથું પરિમાણ/fourth dimension છે. યાત્રીઓ સ્પેસમાં જુદી જુદી ઝડપે પ્રવાસ ખેડતા હોય તો સમયની રફતાર પણ તેમના માટે સમાન હોતી નથી. એકની સરખામણીમાં બીજા માટે સમય ધીમો પડે. સ્પેસ પણ સંકોચાય છે.*

પ્રથમ તો સ્પેસ અને ટાઈમ શા માટે એકબીજા સાથે તાણેવાણે ગૂંથાયેલાં છે તેનો દાખલો જોઈએ. રસ્તા પર એક મોટરકાર પાર્ક થયેલી પડી છે એમ ધારી લો. નજર સામે તેને અવલોકી રહ્યા છો. મોટર સ્થગિત છે, માટે સ્પેસમાં યાને કે પોતાની આસાપાસની જગ્યામાં ગતિ કરતી નથી. પરંતુ ટાઈમના પરિમાણમાં તેનો પ્રવાસ નિરંતર થતો રહે છે. સમયના વહેતા પ્રવાહને સૂચવતું તેના ડેશબોર્ડની ઘડિયાળનું

## બીજી નજર આ તરફ

*અંતરના હિસાબે કરાતી અને સમયના હિસાબે કરાતી બે પ્રકારની ગતિઓ વચ્ચે આઈઝેક ન્યૂટનને દૂરનોય સંબંધ નહોતો દેખાયો, પરંતુ આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનના બ્રહ્માંડમાં થ્રી-ડાયમેન્શનલ સ્પેસનું ફોર્થ-ડાયમેન્શન ટાઈમ છે. પારસ્પરિક રીતે તેમનું અસ્તિત્વ પણ એકમેક કરતાં સ્વતંત્ર નથી. નીચેનો પ્રથમ ડાયાગ્રામ તે મુદ્દાને સ્પષ્ટ કરે છે.*

*અહીં થ્રી-ડાયમેન્શનલ સ્પેસને આડી લીટીમાં પાડેલી સ્લાઈસ તરીકે બતાવ્યું છે. સગવડતાને ખાતર લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઊંડાઈ એમ ત્રણ નહિ, પરંતુ લંબાઈ તથા પહોળાઈ એમ બે પરિમાણો દેખાડીને કામ ચલાવ્યું છે. બિલકુલ નીચેની સ્લાઈસ અર્થાત્ પતીકું જુઓ. સ્પેસમાં વચ્ચોવચ સૂર્ય છે, જેને પ્રદક્ષિણા લેતી પૃથ્વી એક વર્ષ બાદ સ્પેસમાં જ્યાંની ત્યાં પાછી ફરે છે. એક કાયમી ભ્રમણકક્ષા રચે છે. ડાબા ડાયાગ્રામમાં તે ભ્રમણકક્ષા વર્તુળાકારે દેખાડી છે.*




*અહીં સુધીની વાત ન્યૂટન પૂરતી સાચી, પરંતુ આઈનસ્ટાઈને વાત આગળ ચલાવી છે. આઈનસ્ટાઈને બ્રહ્માંડને સ્પેસના તાણા અને ટાઈમના વાણા ધરાવતા સ્પેસટાઈમ ફેબ્રિક તરીકે કલ્પ્યું છે. સૂર્યનો ચકરાવો પૂરો કરવામાં એક વર્ષ કાઢી નાખતી પૃથ્વી તે દરમ્યાન સ્પેસ ઉપરાંત ટાઈમમાં પણ સફર ખેડે છે. તાત્પર્ય એ કે એક વર્ષ બાદ પૃથ્વી ત્રણ પરિમાણના સ્પેસમાં જેના તે સ્થળે પાછી આવે ખરી, પરંતુ ચોથા પરિમાણ ટાઈમમાં તેનું સ્થાન જુદું હોય છે. માનો કે પૃથ્વી અચાનક ઝડપી બની ૧ વર્ષને બદલે અડધા વર્ષમાં તેની સૂર્ય ફરતેની રાઉન્ડ ટ્રીપ પૂરી કરે, તો બીજા ડાયાગ્રામમાં બતાવ્યા મુજબ તે ઓછો સમય લગાડે અને સમય તેના માટે ધીમો પડી ગયો એમ સમજી લો.* ■

ટીક... ટીક... ચાલુ છે. ફક્ત મોટર પણ શા માટે ? મોટરની અંદર ટાઈમપાસ કરતો બેઠેલો તેનો ચાલક પણ સ્પેસટાઈમના ચોથા પરિમાણ સમયમાં પ્રવાસ કરે છે. જુદી રીતે કહો તો પૂરેપૂરી ગતિ/ motion અત્યારે ટાઈમના પરિમાણમાં છે. સ્પેસમાં ગતિ શૂન્ય છે. થોડી વાર પછી એ ચાલક મોટરકારને દોડાવી મૂકે છે. મોટર કેટલી ઝડપે દોડે તે વાતનું મહત્ત્વ નથી. મહત્ત્વની બાબત એ કે અગાઉ તેણે ૧૦૦% ગતિ ટાઈમમાં કરી, તો હવે તેમાં (દાખલારૂપે કહો કે) ૫% જેટલો હિસ્સો તેની સ્પેસ સોંસરવી ગતિને ટ્રાન્સફર થાય છે. ટાઈમના પરિમાણમાં એ મોટરચાલકની ગતિ અગાઉ જેટલી રહેતી નથી. ટાઈમ અર્થાત્ સમય તેના માટે ધીમો પડે છે, કેમ કે તેના ભાગે ગતિ હવે ૧૦૦% ને બદલે ૯૫% છે. અલબત્ત, ગતિનો કુલ સરવાળો ૯૫% + ૫% = ૧૦૦% થવો રહ્યો.

આ વાત દેખીતી રીતે આપણા રોજબરોજના અનુભવની નથી, પરંતુ આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરીમાં આપણા રોજિંદા અનુભવનું છે પણ શું ? અને છતાં સહેજ જુદી રીતે અને જુદા કારણસર થતા અનુભવનો દાખલો ટાંકી શકાય તેમ છે. દાખલો મોટરકાર બનાવતી ફેક્ટરીનો છે. દરેક મોટર બન્યા પછી તેના પરીક્ષણ માટે ફેક્ટરીએ સપાટ અને લાંબો-પહોળો ટ્રેક તૈયાર કર્યો છે. સ્ટાર્ટથી શરૂ કરીને ફિનિશ સુધી તે ૧૦ કિલોમીટર લાંબો છે. પોસિબલ નથી, છતાં માની લો કે પહેલેથી યાને પીક-અપથી તે છેક છેલ્લે સુધી ચાલકે મોટરની ઝડપ કલાકના ૧૦૦ કિલોમીટર રાખવાની છે. આ ઝડપ ૬૦ મિનિટદીઠની છે, એટલે મોટર સહેજે ટ્રેકનું પૂરું અંતર ૬૦ ÷ ૧૦ = ૬ મિનિટમાં તય કરી નાખે. એક બપોરે પરીક્ષણ કરતો ચાલક પ્રથમ ટ્રાયલ વખતે ૬ મિનિટમાં પોતાની મોટરને ફિનિશ સુધી પહોંચાડી દે છે. (જુઓ, *ડાયાગ્રામ.*) થોડી વાર પછી સૂર્યનો આંજી દેતો પ્રકાશ સામો આવતાં તે સહેજ ત્રાંસો માર્ગ પકડે છે. ટેસ્ટ-ડ્રાઈવની ત્રીજી અને ચોથી ટ્રાયલે અગાઉ કરતાં વધુ ત્રાંસમાં હંકારે છે. ટાઈમર ક્લોક જોતાં તેને ખબર પડે છે કે બીજી, ત્રીજી અને ચોથી ટ્રાયલ ૬ મિનિટમાં તે પૂરી કરી શક્યો નથી. અનુક્રમે ૬.૫, ૭ અને ૭.૫ મિનિટો વીતી છે. આમ બનવાનું કારણ તો દેખીતું છે. પહેલી ટ્રાયલે તે ઉત્તર-દક્ષિણના પરિમાણમાં યાને

**પરીક્ષણનાં બે પરિમાણો**

પૂર્વ-પશ્ચિમ
ઉત્તર-દક્ષિણ
નોર્મલ ટ્રાયલ
છેલ્લી ત્રણ ટ્રાયલ્સ
FINISH





ડાયમેન્શનમાં હંકાર્યો, જ્યારે બીજી, ત્રીજી અને ચોથી ટ્રાયલ વખતે પૂર્વ-પશ્ચિમના બીજા પરિમાણે તેની ગતિમાં ભાગ પડાવ્યો.

આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી અહીંથી જ મોટો જમ્પ મારે છે. અગાઉ જોયું તેમ સ્પેસ ટુ-ડાયમેન્શનલ નથી કે થ્રી-ડાયમેન્શનલ નથી. ટાઈમ કહેવાતું ચોથું ડાયમેન્શન પણ તેને છે, જે બાકીનાં ત્રણ સાથે એકદમ મુશ્કેટાટ વણાયેલું છે. સ્પેસના પ્રથમ (ઉત્તર-દક્ષિણ) પરિમાણમાં થતી મોટરકારની કેટલીક ગતિ જેમ બીજા (પૂર્વ-પશ્ચિમ) પરિમાણના ખાતે પડી તેમ ચોથા પરિમાણ ટાઈમમાં થતી (મોટરકાર સ્થગિત હોય એ વખતની) ૧૦૦% ગતિ પૈકી કેટલીક ગતિ પણ તેમાં ઉધરી સ્પેસના ડાયમેન્શનને જમા મળે છે. આથી સમય પોતાની ૧૦૦% ઝડપે વહેતો નથી. સહેજ ધીમો પડે છે. અગાઉની માફક કહો કે તેનું મૂલ્ય ૯૫% રહે છે, કારણ કે ટાઈમમાં થતી ગતિનો ૫% હિસ્સો સ્પેસમાં થવા માંડેલી ગતિના ફાળે ગયો છે. સ્પેસના ડાયમેન્શનમાં ગતિ જેમ વધતી જાય તેમ ટાઈમના ડાયમેન્શનમાં થતી ગતિ વધુ ને વધુ કપાય છે અને સમય તેના પગલે ધીમો પડતો રહે છે. ફરી ફરીને એક જ શરત છે : ટાઈમમાં થતી ગતિનો અને સ્પેસમાં થતી ગતિનો કુલ સરવાળો પ્રકાશની ગતિ જેટલો થવો જોઈએ--અને થાય છે. ગતિના સામસામા આંકડા ભલે બદલાય, છતાં તેમનો સરવાળો હંમેશા પ્રકાશવેગ જેટલો થાય છે.

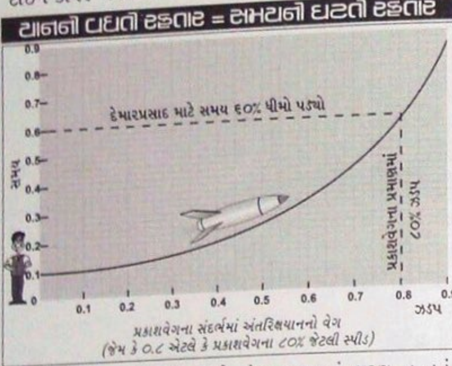
*■ પ્રકાશઝડપને આંબતો પ્રવાસ ? : જવાબ હા અને ના છે, કેમ કે ન્યૂટનના બ્રહ્માંડમાં તે શક્ય છે, જ્યારે આઈનસ્ટાઈનનું બ્રહ્માંડ એવા પ્રવાસને અનુમતિ આપતું નથી.*

આ વાતનો મર્મ હજી ન પકડાતો હોય તો ગતિશીલ 'પદાર્થ' ખુદ પ્રકાશ હોવાનું ધારી લો. સ્પેસ કહેવાતા બ્રહ્માંડમાં પ્રકાશની ઝડપ કેટલી ? અલબત્ત, પ્રકાશની ઝડપ જેટલી ! પ્રકાશનો મૂળ ઘટક કણ ફોટોન કદી સ્થગિત ન રહી શકે, છતાં દ્રષ્ટાંત પૂરતું માનો કે પેલી રસ્તાની કોરે પાર્ક થયેલી મોટરની જેમ તે સ્થિર પડ્યો છે. સ્પેસના દરેક પરિમાણમાં તેની ગતિ ૦% છે. ટાઈમના પરિમાણમાં ૧૦૦% છે, કેમ કે ઘડિયાળનું ટીક... ટીક... ચાલુ છે. સમય તેની (સ્થિર પદાર્થને લાગુ પડતી) સામાન્ય રફતારે વહી રહ્યો છે. અચાનક ફોટોન કણ ગતિ પકડે છે. ગતિ વધ્યા કરે છે. અગાઉ ટાઈમ ડાયમેન્શનમાં થતી રહેલી તેની ગતિ પૈકી વધુ ને વધુ ગતિની જમા એન્ટ્રિ સ્પેસ ડાયમેન્શનમાં હવે થતી ગતિના ખાતે પડતી રહે છે અને સમય તેના માટે ધીમો પડતો રહે છે. અંતે ક્યાં સુધી એ ક્રમ ચાલે ? ફોટોનનો બનેલો પ્રકાશ ખરેખર

પ્રકાશવેગ હાંસલ કરે ત્યાં સુધી ! ટાઈમ ડાયમેન્શનના ચોપડે ત્યારે સહેજ પણ ગતિ બાકી રહેતી નથી, કેમ કે ૧૦૦% ગતિ સ્પેસ ડાયમેન્શનમાં ટ્રાન્સફર પામી છે. આખરી રિઝલ્ટ : ઉત્તરોત્તર ધીમો પડતો રહેલો સમય એ તબક્કે સાવ થંભી જાય છે. ફોટોનના કણે જો રીસ્ટ વૉચ પહેરી હોય તો હવે તે ટીક... ટીક... કરતી નથી. પ્રકાશ માટે સમય બિલકુલ સ્થગિત છે.

આ બધાં દ્રષ્ટાંતો એટલા માટે લંબાણપૂર્વક વર્ણવ્યાં કે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો કેન્દ્રીય સૂર એમાં રહેલો છે : ઝડપ વધે તેમ સમય ધીમો પડે છે. પૃથ્વીના સંજોગો વચ્ચે તેના સ્પેસ ડાયમેન્શનમાં રહીને ગતિ કરતા હો ત્યારે સમયનો તફાવત ધ્યાન પર આવતો નથી, કેમ કે ગતિ બહુ નોંધપાત્ર હોતી નથી. વિમાનની ઝડપે પ્રવાસ ખેડો ત્યારે પણ સમય ધીમો પડતો હોવાની અનુભૂતિ થાય નહિ. આમ છતાં સ્પેશ્યલ થિઅરી પોતાની અસર દાખવ્યા વગર રહેતી નથી. સમયને બહુ સચોટ રીતે માપી બતાવતી અણુઘડિયાળને ગતિશીલ રાખો તો બેશક જાણી શકાય કે સમય તેના માટે ધીમો પડ્યો છે.

ઑક્ટોબર, ૧૯૭૧ માં જોસેફ હાફેલે અને રિચાર્ડ કીટિંગ નામના બે ભૌતિકનિષ્ણાતોએ આવો પ્રયોગ કરી પણ જોયો હતો. વૉશિંગ્ટનમાં અમેરિકન નૌકાદળે સ્થાપેલી 'નેશનલ ટાઈમ-કીપર' વેધશાળાની ચાર અણુઘડિયાળો તેમણે થોડા દિવસ માટે ઉછીની લીધી. વેધશાળાની બીજી અણુઘડિયાળો સાથે તેમનો સમય બરાબર મેળવ્યો અને ત્યાર બાદ પાન અમેરિકન ઍરલાઈન્સમાં ચારેય અણુઘડિયાળોને ગોઠવી એરાઉન્ડ ધ વર્લ્ડ પ્રવાસે ઉપડ્યા. ઘડિયાળો એકને બદલે ચાર હતી--અને જ્યાં સુધી તે ચારેય ટાઈમની બાબતમાં પરસ્પર સહમત હોય ત્યાં સુધી આંતરિક કાર્યપ્રણાલિ પ્રત્યે શંકા લાગવાનું કારણ ન હતું. વિમાનની ઝડપ કલાકના સરેરાશ ૯૫૦ કિલોમીટર હતી, જે પ્રકાશવેગના હિસાબે તો કશી વિસાતમાં નહિ. આમ છતાં હજારો કિલોમીટર લાંબી યાત્રા ખેડીને વૉશિંગ્ટન પાછા ફર્યા બાદ વેધશાળાની અણુઘડિયાળો સાથે ટાઈમ સરખાવતાં માલૂમ પડ્યું કે વિશ્વસફર કરી આવેલી ચાર અણુઘડિયાળો ૫૯ નાનોસેકન્ડ જેટલી ધીમી પડી હતી. (૧ નાનોસેકન્ડ = ૧ સેકન્ડનો અબજમો ભાગ.) તફાવત નજીવો હતો, પણ એટલોય તફાવત સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો પુરાવો હતો.




પ્રકાશવેગના સંદર્ભમાં અંતરિક્ષયાનનો વેગ
(જેમ કે ૦.૮ એટલે કે પ્રકાશવેગના ૮૦% જેટલી સ્પીડ)

આ થિઅરી પ્રમાણે જોતાં ગતિશીલ પદાર્થની ઝડપ પ્રકાશવેગને અનુલક્ષી સારી એવી





વધે ત્યારે તો સમય બહુ તીવ્ર અનુપાતમાં ધીમો પડવા લાગે. હિસાબ નાનોસેકન્ડમાં કે સેકન્ડમાં નહિ અને દિવસોમાં કે મહિનામાં પણ નહિ, પરંતુ (ગતિશીલ પદાર્થની યાત્રા જો લાંબી હોય તો) વર્ષોમાં ગણાય છે. સામેના પાને ગ્રાફ તપાસો, જેમાં એક સુપરફાસ્ટ અંતરિક્ષયાન બતાવ્યું છે. અગાઉના પ્રકરણમાં જેનું દ્રષ્ટાંત વર્ણવ્યું એ દેમારપ્રસાદ ૮ પ્રકાશવર્ષ છેટે આવેલા દૂધગંગાના તારાની મુલાકાતે જવા માટે યાનમાં બેઠો છે, જ્યારે તેનો મિત્ર ગોકળપ્રસાદ ધરતી પર સ્થિર છે. સ્વાભાવિક છે કે ધીમા પડતા સમયનો (અસલમાં ટાઈમ ટ્રાવેલનો) લાભ કે લ્હાવો ગતિશીલ એવા દેમારપ્રસાદને મળે, ગોકળપ્રસાદને નહિ. માનો કે યાનની ઝડપ તેણે પ્રકાશવેગના હિસાબે એકધારી ૦.૮ (એંશી ટકા) રાખી છે, તો સમય તેના માટે કેટલો ધીમો વહે તે સામે ગ્રાફમાં જોઈ લો. આંકડો ૦.૬ છે; અર્થાત્ સમયની રફતાર પૃથ્વી પરના નોર્મલ સમયની તુલનાએ ૬૦% છે. દેમારપ્રસાદ તેના યાનની ગતિ પ્રકાશવેગના ૯૦% સુધી પહોંચાડી દે તો (ચાર્ટમાં બતાવ્યા મુજબ) ગોકળપ્રસાદની ઘડિયાળના સંદર્ભમાં તેના માટે સમયની રફતાર લગભગ ૮૫ ટકા જેટલી ઘટી જવા પામે.

આ દાખલો હજી આગળ ચલાવવાનો છે. પૃથ્વીથી દૂધગંગાનો તારો ૮ પ્રકાશવર્ષ દૂર છે. દેમારપ્રસાદના યાનની ગતિ પ્રકાશની ગતિના ૮૦% જેટલી છે, માટે એ દસ વર્ષે તારા સુધી પહોંચે એ તર્કસંગત વાત છે. પૃથ્વી પર રોકાયેલા ગોકળપ્રસાદની દ્રષ્ટિએ તે હિસાબ સાચો ખરો, પણ દેમારપ્રસાદની ઘડિયાળ મુજબ નહિ. દેમારપ્રસાદ માટે સમય ધીમો પડ્યો છે, એટલે તેના હિસાબે ૧૦ ને બદલે ૬ વર્ષ પસાર થયાં છે. આ ૬ વર્ષ દરમ્યાન પ્રકાશવેગના ૦.૮ ગુણક લેખે યાત્રા ખેડીને દૂરના તારા સુધી પહોંચ્યો, માટે તેની ગણતરી મુજબ પૃથ્વી અને તારા વચ્ચેનું અંતર ૦.૮ × ૬ = ૪.૮ પ્રકાશવર્ષ છે. સરપ્રાઈઝ ! પૃથ્વીવાસી ગોકળપ્રસાદના જ નહિ, પરંતુ ખગોળવિદોના હિસાબે પણ અંતર તો ૮ પ્રકાશવર્ષ છે. અંતર ઘટ્યું કેમ ? જવાબ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી પાસે માગો, જે એમ કહે છે કે સમય જેટલો વિસ્તરે (ધીમો પડે) એટલા જ પ્રમાણમાં અંતર સંકોચન પામે ! ટાઈમનું અહીં ૦.૬ ના ગુણકમાં વિસ્તરણ/dilation થયું, તો સ્પેસ ૦.૬ ના ગુણકમાં (૮ × ૦.૬ = ૪.૮) સંકોચન પામ્યું. હવે સમજાયું કે પેલા ગરુડ નક્ષત્રનાં પ્રકાશની ગતિવાળાં વિદ્યુતચુંબકીય મોજાંને અફર વેગનાં રાખવા માટે ટાઈમ અને સ્પેસ કેવી રીતે 'એડ્જસ્ટ' થયાં ?

મોરલ ઑફ ધ સ્ટોરી : સમયની રફતારમાં કદી વધઘટ ન થાય અને સમયને પોતાનું સ્વાયત્ત અસ્તિત્વ હોય એ કહેનાર ન્યૂટને થાપ ખાધી છે. પદાર્થની ગતિ પ્રમાણે એ પદાર્થ માટે સમયનીયે રફતાર બદલાય છે. સમય/time ને પોતાનું જુદું અસ્તિત્વ પણ નથી, કેમ કે અંતર/space સાથે તે એક જ ફેબ્રિકમાં વણાયેલો છે. આ ફેબ્રિક છે સ્પેસટાઈમ.

અહીં થોડું વિષયાન્તર કરીને પણ એક સરસ મુદ્દો સમજવા જેવો છે. આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી મુજબ પદાર્થની ઝડપમાં ઉત્તરોત્તર વધારો થતો રહે તેમ સમય તેના માટે ઉત્તરોત્તર ધીમો પડે એ વાતની પ્રત્યક્ષ સાબિતી મ્યુઓન/Muon નામના પરમાણુઓ આપી ચૂક્યા છે--અને હજી આપી રહ્યા છે.



■ પાર્ટિકલ એક્સલરેટર : ટૂંકા આયુષ્યના મ્યુઓન પરમાણુઓને 'આયુષ્યમાન ભવ:'ના આશીર્વાદ દેતું મેગ્નેટિક બોગદું

વિજ્ઞાનીઓના મતે ૦.૧૧ યુનિટનું દળ ધરાવતા મ્યુઓન તેમની સ્થાયી અવસ્થામાં ક્ષણભંગુર છે. અલ્પાયુ છે. આ જાતનો દરેક પરમાણુ/sub-atomic particle તેના સર્જન પછી સેકન્ડના ૨૦,૦૦,૦૦૦ મા ભાગમાં વિસર્જન પામે છે. વિજ્ઞાનીઓ જો કે અનેક કિલોમીટર લાંબા અને વર્તુળાકારે પથરાયેલા બોગદા જેવા પાર્ટિકલ એક્સલરેટર નામના પ્રવેગક સાધનમાં મ્યુઓનને પ્રકાશની ગતિના ૯૯.૫% ઝડપે ધકેલે ત્યારે એ પરમાણુઓ અલ્પાયુ રહેતા નથી. આયુષ્ય વધીને દસેક ગણું થાય છે.

મ્યુઓનની આવરદામાં થતો વધારો અપવાદ નથી. નિયમ છે. પાર્ટિકલ એક્સલરેટરની ઘડિયાળ પ્રમાણે મ્યુઓને વિસર્જન પામવાની ઘડી ભલે આવી પહોંચે, પરંતુ સેકન્ડના લગભગ ૨,૯૮,૫૦૦ કિલોમીટરની ઝડપે મેગ્નેટિક બોગદામાં સફર કરતા મ્યુઓનની ઘડિયાળમાં આત્મહત્યાનો સમય હજી થયો હોતો નથી. થોડી વાર પછી એ સમય આવે છે. દરમ્યાન એ પરમાણુ દસ ગણું આયુષ્ય ભોગવી નાખે છે.

સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી આવાં ઘણી જાતનાં પરીક્ષણો વડે શુદ્ધતાનું સર્ટિફિકેટ પામી ચૂકી છે, એટલે ભલભલા સંશોધકો તેને હવે પડકાર ફેંકવામાં પોતાનો સમય વેડફતા નથી. ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ માટે આજે પણ છાનબિનનો વિષય હોય તો જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી, જેનાં શંકાસ્પદ છીંડાં શોધવાની પ્રવૃત્તિ હજી ચાલુ છે.

ફરી પાછા ન્યૂટનના V/s આઇનસ્ટાઇનના બ્રહ્માંડની મૂળ ચર્ચા પર આવીએ.

■ ન્યૂટનનું બ્રહ્માંડ : *ગતિશીલ પદાર્થમાં વધુ ને વધુ ઊર્જાનું સિંચન કરી તેની ગતિ નિરંતર વધારી શકાય છે. પ્રકાશવેગ કરતાં વધુ ગતિ મેળવો તો પ્રકાશનાં કિરણોને ઑવરટેક પણ કરી શકાય છે. પ્રકાશ કરતાં વધુ ઝડપ હાંસલ કરવા સામે પ્રતિબંધ નથી.*

■ આઇનસ્ટાઇનનું બ્રહ્માંડ : *પદાર્થ ગમે તેટલો ઝડપી બને, છતાં પ્રકાશના વેગ કરતાં તે વધુ ઝડપ પ્રાપ્ત કરી શકે નહિ. આમ કરવા માટે તેને અમાપ/infinite ઊર્જાની જરૂર પડે, એટલે પ્રકાશને ઑવરટેક કરવો પોસિબલ નથી.*

એક મોટરકાર વખતોવખત બીજીને ઑવરટેક કરતી હોય છે એટલું જ નહિ, પણ તેનો ચાલક speed limit 55 Kmph એવો સ્પષ્ટ આદેશ લખેલા સાઇન બોર્ડને ગણકારતો નથી. સ્પીડ લિમિટનો ભંગ કરવા માટે પોતાની કલાકદીઠ ૫૫ કિલોમીટરની ઝડપે દોડતી મોટરનું





એક્સલરેટર દાબી એન્જિનને વધુ ઊર્જાનો પુરવઠો આપે છે. મોટર જોતજોતામાં ૫૫ કિલોમીટરની ઝડપમર્યાદાને ઓળંગી જાય છે. ટ્રાફિક વિભાગે રસ્તાની કોરે ખોડેલું પાટિયું મોટરના ચાલકને મન ફક્ત પાટિયું રહે છે.

બ્રહ્માંડમાં પ્રકાશે આંકેલી સેકન્ડના ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરની સ્પીડ લિમિટનો પણ બિલકુલ આવી જ રીતે ભંગ કરવાનું પ્રથમ નજરે તો સહજ લાગે, કારણ કે સેકન્ડના ૨,૯૯,૯૯૯ કિલોમીટરની ઝડપે પ્રવાસ ખેડતા અંતરિક્ષયાનના ચાલકે એન્જિનને મળતી બળતણરૂપી ઊર્જાનું પ્રમાણ જ વધારવાનું રહે છે. આ પ્રમાણ વધે, એટલે ઝડપ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર થાય અને પછી વધુ ઊર્જાનું સિંચન સ્પીડોમીટરના કાંટાને ૩,૦૦,૦૦૧ કિલોમીટરના આંકડે પહોંચાડી દે. પરંતુ આઇનસ્ટાઇનના બ્રહ્માંડમાં એમ કરવું શક્ય નથી, કારણ કે પ્રકાશવેગને આંટી જવો તે એકાદ ચોક્કસ આંકડાને પાર કર્યા જેવી વાત નથી. અસલમાં તે ભૌતિક પ્રક્રિયા છે. સ્પીડોમીટરમાં દેખાતા આંકડાને ક્રોસ કરી જવાય, પણ ભૌતિક પ્રક્રિયાએ બાંધેલી લિમિટનો ભંગ કરી શકાય નહિ. બન્ને વચ્ચે પાયાનો તફાવત છે.

**વધતી ઝડપ, વધતું દળ**

| યાનની ઝડપ પ્રકાશવેગના % | દળમાં થતો ક્રમિક વધારો |
|---|---|
| ૦% | ૧.૦૦ |
| ૫૦% | ૧.૧૫ |
| ૯૦% | ૨.૨૯ |
| ૯૫% | ૩.૨૧ |
| ૯૯% | ૭.૦૭ |
| ૯૯.૯૯૭% | ૪૩૦.૦૦ |
| ૧૦૦% | અમાપ |




તફાવત સમજવા માટે પદાર્થના ઉષ્ણતામાનનું દ્રષ્ટાંત તપાસી જોઇએ. પદાર્થને ઠારી તેનું ઉષ્ણતામાન 0° સેલ્શિયસ કરવું સહેલું છે. ઓર ઠંડી આપી તેને -૫૦° કે -૧૦૦° કે પછી -૨૦૦° અને ત્યાર બાદ -૨૭૩ સેલ્શિયસ કરવામાં પણ બહુ આપદા ન પડે, પરંતુ એ પછી ઉષ્ણતામાનને વિશેષ નીચે લાવવું પોસિબલ નથી. લિમિટ આવી જાય છે, કારણ કે -૨૭૩.૧૫° સેલ્શિયસે પદાર્થમાં રહેલી બધી ઊર્જા નાબૂદ થાય છે. પદાર્થના અણુ ત્યારે કંપવાનું બંધ કરી દે છે.

પ્રકાશવેગની બાબતમાં પણ એ જ વાત છે. એક સુપરફાસ્ટ અંતરિક્ષયાનને કલ્પી લો કે જેનો ચાલક ઊર્જાની બાબતે નિશ્ચિંત છે. બહારથી તેને મોંમાગી ઊર્જા મળી રહે છે. પ્રકાશવેગની સ્પીડ લિમિટ એ ચાલકને માન્ય નથી, માટે એન્જિનમાં વધુ ને વધુ ઊર્જાનો પુરવઠો રેડી તે પોતાના યાનની ઝડપમાં સતત વધારો કરતો રહે છે. શરૂઆતમાં તો જાણે ઊર્જાના અમુક જથ્થા સામે ધાર્યા મુજબનો તમુક પ્રવેગ મેળવવામાં ખાસ તકલીફ પડતી નથી, પણ ત્યાર બાદ અવરોધ વરતાવા માંડે છે. યાનની ઝડપ પ્રકાશવેગના ૫૦% જેટલી (સેકન્ડના ૧,૫૦,૦૦૦ કિલોમીટર) છે. યાનનાં એન્જિનો ધમધમી રહ્યાં છે, પરંતુ સ્પીડમાં ખાસ વધારો થતો નથી. ઊર્જા બાતલ જવા માંડે છે. બીજી તરફ ઊર્જાનો નાશ થવો પણ શક્ય નથી. અસલમાં વાત એ કે તેનું સ્વરૂપ બદલાવા લાગ્યું છે. આઇનસ્ટાઇનના સૂત્ર $E=Mc^2$ પ્રમાણે ઊર્જા/Energy હવે અંતરિક્ષયાનના દળ/mass માં ફેરવાય છે. અંતરિક્ષયાનનું દળ વધી રહ્યું છે.

વિજ્ઞાનના જાણીતા સિદ્ધાંતને અહીં તાજો કરો : સ્થિર પદાર્થ કરતાં ગતિશીલ પદાર્થનું

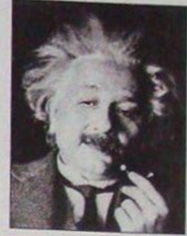
દળ હંમેશા વધારે હોય છે. (વજન નહિ, પણ દળ વધારે હોય છે. બન્ને વચ્ચે ફરક છે. દા. ત. કિલોગ્રામ એ દળનું માપ છે, તો રતલ એ વજનનું માપ છે. ધરતી પર ચંદ્રયાત્રીનું વજન ૧૧૦ રતલ એટલે કે ૫૦ કિલોગ્રામ હોય તો પૃથ્વી કરતાં છઠ્ઠા ભાગનું ગુરુત્વાકર્ષણ ધરાવતા ચંદ્ર પર તેનું વજન ૧૮ રતલ થાય, પરંતુ ૫૦ કિલોગ્રામ તરીકે વ્યક્ત થતું તેના શરીરનું દળ બદલાતું નથી. ચંદ્રયાત્રી ૫૦ કિલોગ્રામનો જ રહે છે.) ફાસ્ટ બોલર કલાકના ૧૬૦ કિલોમીટરના વેગે દડો ફેંકે ત્યારે પદાર્થરૂપી એ દળનો માસ ૦.૦૦૦૦૦૦૦૦૦૦૦૨ ગ્રામ જેટલો વધી જવા પામે. દડાને બદલે પદાર્થના મૂળ ઘટક પ્રોટોનનો દાખલો લેવો વધુ સારો છે, જેથી અંતરિક્ષયાનને પણ તે લાગુ પાડી શકીએ. સ્થિર પદાર્થમાં તેના પ્રોટોનનું દળ ૧ યુનિટ સમજી લો. અંતરિક્ષયાનની ગતિ જેમ વધે એમ તેના માળખાના અણુની ભીતરમાં પ્રોટોન વધુ ને વધુ ઝડપે કંપે છે. સ્પીડ-અપ થાય છે. અંતરિક્ષયાન પ્રકાશવેગની ઓર સમીપ પહોંચે ત્યારે (પાછળના કોઠામાં ડ્રોઇંગરૂપે બતાવેલા) પ્રોટોનમાં જુદો બદલાવ આવે છે.

ઊર્જાનું પદાર્થમાં રૂપાંતર થતાં દરેક પ્રોટોન ફૂલે છે અને બે યુનિટનો, પછી ત્રણ યુનિટનો અને ત્યાર બાદ ઓર તેજ રફતાર વખતે ચાર યુનિટનો થાય છે. અંતરિક્ષયાનની ઝડપ પ્રકાશવેગના ૯૯.૯૯૭% સુધીની થાય એ વખતે તો પ્રોટોનનું દળ વધીને ૪૩૦ યુનિટે પહોંચે, કારણ કે લગભગ બધી ઊર્જા સરવાળે પદાર્થમાં રૂપાંતર પામે છે. આઇનસ્ટાઇનના સૂત્ર મુજબ m અમુક સંજોગોમાં E બની શકે તેમ E નું પણ m માં સ્વરૂપાન્તર થાય છે. અંતરિક્ષયાન માટે હવે દુષ્ચક્ર શરૂ થયું માનો, કેમ કે ઊર્જા square/વર્ગમાં વપરાય છે અને પદાર્થમાં ફેરવાતી રહે છે. ઝડપમાં નજીવો વધારો પણ ખાસ્સી ઊર્જા વાપરી ખાય છે અને બાકીની દળમાં પરિણમે છે. (જુઓ, *૬૩મે પાને કોઠો.*) અંતરિક્ષયાન પોતે ફૂલે છે, છતાં દુષ્ચક્રનો અંત નથી. અસલમાં તેનો મહત્તમ પ્રભાવ ક્રમશઃ પ્રકાશવેગની સમીપે પહોંચ્યા બાદ જોવા મળે છે. વર્ગનો ગુણાંક છેવટે અમાપ/infinite ઊર્જાની માગણી કરે છે, જે પૂરી થાય એ શક્ય નથી. અમાપ એટલે અમાપ, માટે તેને આંકડામાં વ્યક્ત કરવાનું જ અશક્ય છે.

કહેવાનું તાત્પર્ય એ કે ન્યૂટનના બ્રહ્માંડમાં જે બનતું હોય તે ખરૂં, પણ આઇનસ્ટાઇનના બ્રહ્માંડમાં પ્રકાશવેગ આખરી સ્પીડ લિમિટ છે. પ્રકાશનો વેગ અફર પણ છે. નિરપેક્ષ છે, તો બીજી તરફ અંતર/space અને સમય/time સાપેક્ષ છે --જે ન્યૂટનના બ્રહ્માંડમાં નથી. ન્યૂટનના બ્રહ્માંડમાં સ્પેસ અને ટાઇમ એકમેક કરતાં સ્વતંત્ર છે, જ્યારે આઇનસ્ટાઇનના બ્રહ્માંડમાં સ્પેસ નથી કે ટાઇમ નથી. માત્ર સ્પેસટાઇમ છે. ટાઇમ એ સ્પેસનું ચોથું પરિમાણ છે. એક તફાવત હજી રહી જાય છે : ન્યૂટનના બ્રહ્માંડમાં ઊર્જા અને પદાર્થ વચ્ચે કશો સંબંધ નથી. આઇનસ્ટાઇનનું બ્રહ્માંડ ઊર્જાને જ પદાર્થનું અને પદાર્થને જ ઊર્જાનું બીજું સ્વરૂપ ગણે છે. આ તફાવત તો વળી કોમન સેન્સને ઓર મોટો પડકાર ફેંકે છે, માટે વિસ્તારપૂર્વક સમજવા જેવો છે.■



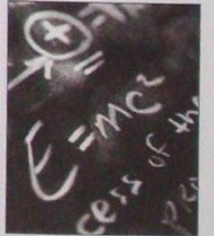
5



# $E = mc^2$ = હિરોશિમા અને નાગાસાકી

**આ**ઇનસ્ટાઇને જૂન, ૧૯૦૫ માં On the Electrodynamics of Moving Bodies એવા હેવી-વેઇટ શીર્ષક હેઠળ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી પ્રગટ કરી ત્યારે ચોંકી ગયેલા ભૌતિકનિષ્ણાતો ફક્ત મેથેમેટિકલ ફોર્મ્યુલાઓ વડે તેની સાર્થકતા કે વજૂદ ચકાસી શકે તેમ હતા. કોઇ બીજી રીત ન હતી.

વીસમી સદીના આરંભનો તે જમાનો આજના વિજ્ઞાનજગત કરતાં જુદો હતો. વૈજ્ઞાનિક સંશોધન ઇલેક્ટ્રિસિટી, વાયરલેસ, અવાજનાં મોજાં, ઉદ્યોગો માટે વાપરી શકાતાં રસાયણો, પ્રકાશના તરંગો અને તેમના સિદ્ધાંતો પર આધારિત નવાં ઉપકરણોની શોધખોળો પર કેન્દ્રિત થયેલું હતું. અંગ્રેજીમાં જેને થિઅરેટિકલ ફિઝિક્સ કહેવાય એવા સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકશાસ્ત્રના અભ્યાસ માટે અદ્યતન પ્રયોગશાળાઓ ન હતી, એટલે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીની પ્રેક્ટિકલ ચકાસણી થવામાં વર્ષો નીકળી ગયાં.




આ થિઅરીમાં તાજા કલમ તરીકે લખાયેલું આઇનસ્ટાઇનનું $E=mc^2$ સૂત્ર ભૌતિકનિષ્ણાતો માટે વધુ પડકારરૂપ હતું. આનાં બે કારણો હતાં. ઊર્જા એ જ પદાર્થ છે અને પદાર્થ એ જ ઊર્જા છે એમ કહી આઇનસ્ટાઇને તેમના વચ્ચેનો ભેદ મિટાવી દીધો હતો. બ્રહ્માંડમાં energy/ઊર્જાનો જથ્થો અચળ છે એવું સાબિત કરનાર જેમ્સ ક્લાર્ક મેક્સવેલના અને બ્રહ્માંડમાં પદાર્થનો જથ્થો પણ અચળ છે એવું છેક ૧૮મી સદીમાં પોતાની રીતે પ્રમાણિત કરી



ચૂકેલા એન્તોઈન લેવોઝિએનાં કથનો વચ્ચે તો પછી મેળ કેવી રીતે જામે? બીજી વાત એ કે આઈનસ્ટાઈને માત્ર E=m લખવાને બદલે પ્રકાશવર્ગની સંજ્ઞા $c^2$ પણ જોડી હતી, જેને લીધે સમીકરણ અત્યંત પાવરફુલ બની ગયું હતું. આનો સીધો મતલબ એ થાય કે માત્ર ૧ ગ્રામ પદાર્થનું $E=mc^2$ ના ધોરણે જો ઊર્જામાં રૂપાંતર કર્યું હોય તો પદાર્થનો એટલો નજીવો જથ્થો પણ ૨,૫૦,૦૦,૦૦૦ કિલોવૉટ-કલાક જેટલી ઊર્જામાં રૂપાંતર પામે ! ઊલટ સમીકરણ $m=E/c^2$ વાપરી એ જ ઊર્જાને પાછી પદાર્થમાં ફેરવો તો ૧ ગ્રામ પદાર્થ બને ! ઊર્જા અને પદાર્થ વચ્ચેનો આવો ગજબનાક 'વિનિમય દર' સૈદ્ધાંતિક રીતે તો ઘણા ખરા વિજ્ઞાનીઓ સ્વીકારી ચૂક્યા હતા, છતાં એકનું બીજામાં થતું રૂપાંતર પ્રત્યક્ષ સાબિત ન થાય ત્યાં સુધી તેમને ધરપત વળે તેમ ન હતી.

'આઈનસ્ટાઈન અને સાપેક્ષવાદ'ના પ્રસ્તુત પ્રકરણમાં સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીની $E=mc^2$ ફોર્મ્યુલાનો પરિચય એક લાંબી કથાના સ્વરૂપે રજૂ થાય છે, જેમાં વાર્તાતત્ત્વ ખાસ્સું છે અને કૌતુકનું તત્ત્વ પણ ભારોભાર છે.

સ્વિસ પેટન્ટ ઑફિસમાં સામાન્ય ક્લાર્કની નોકરી ટીચતા ૨૬ વર્ષના આઈનસ્ટાઈને (ઉપરની તસવીર) ત્રીસેક પાનાં ભરીને સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી આલેખ્યા બાદ માત્ર પરિશિષ્ટ તરીકે $E=mc^2$ સૂત્ર તેમાં સામેલ કર્યું ત્યારે તેનો મૂળ આશય ગતિની આખરી સ્પીડ લિમિટ આંકી બતાવવાનો હતો. આ સૂત્રનો મતલબ એટલો કે પ્રકાશવેગને ક્રમશઃ આંબી રહેલા યાનને ઉત્તરોત્તર વધુ ગતિ આપવા માટે કામે લગાડાતી ઘણી ખરી ઊર્જા અને પ્રકાશવેગની નિકટ પહોંચ્યા બાદ તો લગભગ બધી ઊર્જા/E સરવાળે પદાર્થ/m માં ફેરવાય, માટે યાન કદી પ્રકાશનો વેગ હાંસલ કરી શકે નહિ. પ્રકાશવેગને આંટી જવાનોય પ્રશ્ન નહિ. પ્રેક્ટિકલ રીતે કેટલી ઊર્જા કેટલા પદાર્થમાં સ્વરૂપાન્તર પામે તેનો ફોડ પાડવા આઈનસ્ટાઈને પ્રકાશવેગનો $c^2$ સંજ્ઞારૂપી આંકડો ($30{,}00{,}00{,}000^2$ મીટર પ્રતિસેકન્ડ) ગુણાંક તરીકે લખ્યો. સ્વરૂપાન્તરનો વિનિમય દર ચીંધી બતાવ્યો. સૂત્રમાં તે ફિગર અચળાંક હતો. ઊર્જા-ટુ-પદાર્થના અને પદાર્થ-ટુ-ઊર્જાના પણ દરેક કન્વર્ઝનને લાગુ પડતો હતો.

અલબત્ત, પદાર્થ છેવટે તો પદાર્થ છે. ગતિશીલ યાનમાં સિંચન પામતી ઊર્જાએ તેને



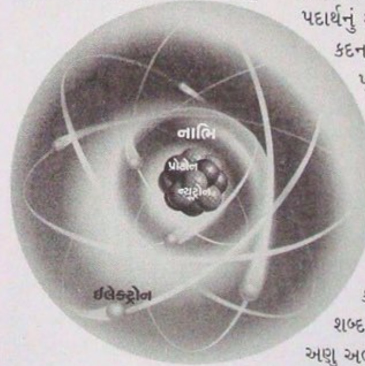


રચ્યો હોય કે બીજી ઊર્જાએ, પરંતુ તેણે પદાર્થ બનવા માટે 'આત્મસાત્' કરેલી અગર તો પલોટેલી ઊર્જાનું પ્રમાણ વધુ કે ઓછું હોય નહિ. આથી તે પદાર્થનું વળી ઊર્જામાં સ્વરૂપાન્તર થાય ત્યારે એટલી જ ઊર્જાનો પુરવઠો બહાર નીકળવો રહ્યો. લૉજિકલ વાત છે. $E=mc^2$ નું સૂત્ર ફક્ત અંતરિક્ષયાનના દળરૂપી પદાર્થને નહિ, બલકે લોખંડથી માંડીને લાકડા સુધીની અને કોલસાથી માંડીને કાગળ સુધીના દરેક પદાર્થને લાગુ પડે છે. કન્વર્ઝન ફેક્ટર તરીકેનો ગુણાંક $c^2$ બહુ મોટો છે, માટે નજીવો પદાર્થ જાણે નાયેગરા ધોધ જેટલી ઊર્જાને મુક્ત કરે છે. માનો કે પદાર્થ ૨ ગ્રામ છે, તો $E=mc^2$ પ્રમાણે $E = (0.002\ kg) \times (30{,}00{,}00{,}000)^2 = 1.8 \times 10^{14}$ જૂલ અર્થાત્ 1,80,00,00,00, 00,00,000 જૂલ ઊર્જા છૂટી પડે છે.

આઈનસ્ટાઈનનું સૂત્ર લોખંડને કે લાકડાને અગર તો કોલસાને યા કાગળને પ્રેક્ટિકલ રીતે લાગુ પાડી ઊર્જાનો મબલખ સ્રોત હસ્તગત કરી શકાય ખરો ? આ પ્રશ્ન જૂન, ૧૯૦૫ માં સ્પેશ્યલ થિઅરી ઘડતી વખતે આઈનસ્ટાઈનના મગજમાં નહોતો ઉદ્ભવ્યો, કેમ કે પદાર્થના અણુમાળખા વિશે તેને (કે બીજા ભૌતિકનિષ્ણાતોને) ખાસ કશી જાણકારી ન હતી. અલબત્ત, કેટલીક જાતના પદાર્થો કુદરતી રીતે ઊર્જાનાં વિકિરણોનું ઉત્સર્જન કરતા હોવાનો પુરાવો ૧૮૯૮ માં પિઅર અને મેરી ક્યૂરીએ રેડિઅમ શોધ્યા પછી મળી ચૂક્યો હતો. ઊર્જા હકીકતે પદાર્થનું જ સ્વરૂપ છે તેનો પણ એ પુરાવો હતો. ભૌતિકનિષ્ણાતોએ વળી તેમના આશ્ચર્ય વચ્ચે જોયું કે રેડિઅમ પોતાની ઊર્જાનો સ્વયંભૂ પ્રવાહ નિરંતર વહાવતું હતું, છતાં એ પદાર્થના દળ/mass માં દેખીતો ઘટાડો થતો ન હતો.

આનો સ્પષ્ટ મતલબ એ કે પદાર્થના મામૂલી જથ્થામાંય મબલખ ઊર્જા ઠાંસોઠાંસ 'ભરેલી' હતી, જે આઈનસ્ટાઈનના $E=mc^2$ સૂત્રને જાણે કે સાચું ઠરાવતી હતી. આ નવી જાણકારી સામે પાયાના બીજા ઘણા સવાલો ભૌતિકનિષ્ણાતો માટે જો કે અકળ રહ્યાઃ પદાર્થની ભીતરમાં ઊર્જાનો પડાવ ક્યાં હતો ? કેવા સ્વરૂપે હતો ? પદાર્થનું અણુમાળખું કેવા પ્રકારનું હતું ? અને સૂક્ષ્મ કદના અણુનો દેખાવ કેવો હતો ? આ પ્રશ્નોના ખુલાસા તેમને વર્ષો સુધી મળવાના ન હતા, એટલે વીસમી સદીના આરંભે ભૌતિકનિષ્ણાતોનું અણુ વિશેનું જ્ઞાન માત્ર બે અટકળો કરવા પુરતું સીમિત રહ્યું : દરેક અણુનો દેખાવ બોલ-બેરિંગ્સના બોલ જેવો સોલિડ હતો, જેમાં ક્યાંય ખાલી જગ્યા ન હતી. બીજી અટકળ તેમણે એ કરી કે અણુ (તેના ગ્રીક નામ atomos ના શબ્દાર્થ મુજબ) અનબ્રેકેબલ હતા. ટૂંકમાં, દરેક અણુ અભેદ્ય હતો અને અતૂટ પણ હતો.

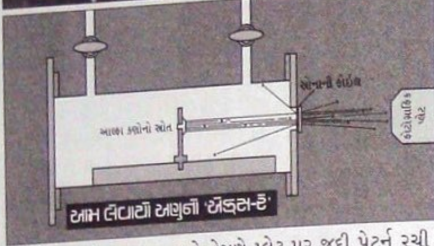
ન દેખાતા અણુનો આંતરિક દેખાવ





બન્ને અટકળો ખોટી હતી. મૂળ ન્યૂ ઝિલેન્ડના પણ ત્યાર બાદ બ્રિટનના સ્થાયી નિવાસી બનેલા ભૌતિકશાસ્ત્રી અર્નેસ્ટ રૂધરફોર્ડે પહેલી અટકળનું નિશાન તાકતો પ્રયોગ ૧૯૧૧ માં કર્યો. પ્રયોગ માટે જે સાધન તેણે બનાવ્યું તેમાં ડાબા છેડે આલ્ફા કણો ફેંકતો સ્રોત હતો, જમણી તરફ સોનાની પાતળી ફોઈલ હતી અને ફોઈલની પછવાડે તેણે ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ રાખી હતી. ગોલ્ડ ફોઈલ પર આલ્ફા કણોનો મારો તેણે ચલાવ્યો ત્યારે ઘણા ખરા કણો લેશમાત્ર અવરોધ વિના આરપાર નીકળી ગયા અને ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર અંકિત થયા. રૂધરફોર્ડે પ્લેટને તપાસ્યા બાદ જોયું તો અમુક કણો જાણે માર્ગમાં કશીક અડચણ સાથે ટકરાયા હોય તેમ આડા ફંટાયા હતા અને તેમણે પ્લેટ પર જુદી પેટર્ન રચી હતી. પ્લેટ પર વચ્ચોવચ સૂક્ષ્મ ટપકા જેવડી થોડીક જગ્યા કોરી હતી. આ પ્રયોગને તેણે વારંવાર દોહરાવ્યો અને દર વખતે સરખાં તારણો નીકળ્યાં. ઘણા ખરા આલ્ફા કણો ધાતુની આરપાર નીકળી ગયા તેનો મતલબ એ કે ધાતુના અણુમાં મહદ્ અંશે ખાલી જગ્યા હતી.

■ અર્નેસ્ટ રૂધરફોર્ડનો પ્રયોગ : ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર ઝીલાયેલા આલ્ફા કણોએ પદાર્થના અણુમાળખાનું ચિત્ર સ્પષ્ટ કરી આપ્યું



આમ લેવાયો અણુનો 'એક્સ-રે'

તાત્પર્ય એ કે અણુનું સ્વરૂપ બોલ-બેરિંગ્સના સોલિડ બોલ જેવું ન હતું. ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર વચ્ચેનો અતિશય સૂક્ષ્મ ટપકા જેવો ભાગ કોરો રહી જવાનો ભેદ પણ સમજાય તેવો હતો. અણુની નાભિએ ત્યાં આલ્ફા કણોને સહેજ અવરોધ્યા હતા. કેટલાક આલ્ફા કણો તે નાભિની પરિસીમા સાથે ટક્કરમાં આવ્યા બાદ આમતેમ ફંટાયા હતા, એટલે ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર અંકિત થયેલી તેમની પેટર્ન સહેજ જુદી હતી. ફાઈનલ વાત તો જાણે એ કે દરેક અણુ ઘણા ખરા અંશે ખાલીખમ હતો. ફક્ત કેન્દ્રીય નાભિ જરા સોલિડ જણાતી હતી. અણુના કદની સરખામણીએ તે નાભિનું કદ 0.0000૧% જેટલું માંડ હતું ! નાભિને ૧ ફૂટ વ્યાસનો બીચબોલ ધારી લો તો સમગ્ર અણુ 30 કિલોમીટર વ્યાસમાં પથરાયેલા એકાદ શહેર જેવડો હતો ! ટૂંકમાં, અણુ સો ટકા સોલિડ છે એ માન્યતાનું રૂધરફોર્ડના પ્રયોગે આશ્ચર્યજનક હદે ખંડન કરી નાખ્યું.

આ પ્રયોગ બાદ અણુનાભિમાં રૂધરફોર્ડની દિલચસ્પી વધી. નાભિ પર તેણે વધુ અખતરા કર્યા. આઈનસ્ટાઈનના $E=mc^2$ નો કમાલ જોવા મળે એ દિવસ હજી દૂર હતો અને હિરોશિમા-નાગાસાકીમાં આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી પોતાનું તાંડવ સ્વરૂપ દેખાડે એ બનાવ આડે પણ ચારેક દાયકા હજી બાકી હતા. આમ છતાં રૂધરફોર્ડ માનવજાતના જ્ઞાનને





અજાણતા જ એ દિશા તરફ દોરી રહ્યો હતો. ૧૯૧૯ માં તેણે વધુ એક સફળ પ્રયોગ કર્યો. બ્રિટનની કેવેન્ડિશ લેબોરેટરીમાં અનેક તત્ત્વોની અણુનાભિ પર અખતરા કરી જોયા પછી નાઈટ્રોજનની અણુનાભિ તરફ આલ્ફા કણોનો મારો ચલાવ્યો. આ પ્રહારની અસર નીચે નાઈટ્રોજનના અણુએ આલ્ફા કણોના બે પ્રોટોનને તથા બે ન્યૂટ્રોનને નાભિમાં આત્મસાત્ કર્યા અને બદલામાં એક પ્રોટોન ગુમાવ્યો, એટલે તે ઑક્સિજનના નવા અણુમાં રૂપાંતર પામ્યો. એક કુદરતી તત્વ કૃત્રિમ રીતે બીજા તત્ત્વમાં ફેરવાયાનો તે પ્રથમ




## એક નજર આ તરફ

*અગાઉના પ્રકરણોમાં જણાવ્યું તેમ ગતિશીલ પદાર્થની ઝડપ વધે તેમ સમય/time તેના માટે ધીમો પડે છે એટલું જ નહિ, પણ અંતર/space સંકોચાય છે. આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ટાંકીને કહો તો space shrinks as time expands. સાચે જ આમ બનતું હોવાની સાબિતી છે ખરી ?*

*પહેલી વખત ૧૯૪૧ માં જોવા મળેલી એક ફૂલપ્રૂફ સાબિતી આજે પણ રોજેરોજ મળી રહી છે. કોસ્મિક કિરણોની અદ્રશ્ય બૌછાર પૃથ્વીને નવાજતી વેળા આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરીને અનુસરે છે. આ બાહ્યાવકાશી કિરણો અત્યંત સૂક્ષ્મ કણોના બનેલા છે, જેઓ પૃથ્વીના ઉપરના વાતાવરણમાં દાખલ થાય ત્યારે હવાના અણુઓ સાથે ટકરાય છે અને મ્યુઓન/muon કહેવાતા બીજા અસ્થિર કણોને જન્મ આપે છે. ઈલેક્ટ્રોનની જેમ નેગેટિવ વીજભાર ધરાવતા મ્યુઓન ઈલેક્ટ્રોન કરતાં ૨૦૭ ગણા ભારે છે, પણ તેઓ સ્થાયી નથી. ક્ષણભંગુર છે. ઉદ્ભવ્યા પછી તેઓ માત્ર 0.00000૨૨ સેકન્ડમાં નાશ પામે છે. ઉદ્ભવ સામાન્ય રીતે ૧૦ કિલોમીટર ઊંચેના વાતાવરણમાં થાય છે, એટલે મ્યુઓનની સ્પીડ પ્રકાશવેગના 0.૯૯૯ જેટલી હોવા છતાં દેખીતું છે કે તેઓ 'જીવતાજીવત' ભૂસપાટી સુધી પહોંચી શકે નહિ. હિસાબ પણ દેખીતો છે. નીચે પ્રમાણે :*

$$\frac{\text{અંતર}}{\text{ઝડપ}} = \frac{\text{અંતર 10,000 મીટર}}{\text{સેકન્ડદીઠ ઝડપ } 0.999 \times 30,00,00,000 \text{ મીટર}} = 0.000033 \text{ સેકન્ડ}$$

*પૃથ્વીની ભૂસપાટી સુધીનો પ્રવાસ તય કરવામાં મ્યુઓનને લાગતો સમય તેના અલ્પાયુ કરતાં ૧૫ ગણો વધારે છે. (0.0000022 × 15 = 0.000033 સેકન્ડ.) આથી તેઓ ભૂસપાટી સુધી પહોંચી શકે નહિ. વાસ્તવમાં પહોંચે છે, કેમ કે ઝડપ પ્રકાશવેગના 0.999% હોવાને લીધે સમય તેમના માટે ધીમો પડે છે. સાપેક્ષવાદની ફોર્મ્યુલા મુજબ--*

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1-(V/C)^2}}$$

*આ ફોર્મ્યુલામાં...*

*T=મ્યુઓનની 'ઘડિયાળ' અનુસાર વીતતો સમય*

*$T_0$=પૃથ્વીની ઘડિયાળ અનુસાર વીતતો સમય*

*V=મ્યુઓનની ઝડપ*

*C=પ્રકાશની ઝડપ. પરિણામે...*

$$T = \frac{0.0000022}{\sqrt{1-(0.999)^2}} = 0.000049 \text{ સેકન્ડ}$$

*આમ મ્યુઓન પૃથ્વી સુધીનો પ્રવાસ ખેડવામાં લાગતા સમય કરતાં વધારે આવરદા ભોગવે છે એટલું જ નહિ, પણ જમીન પર ગોઠવેલાં સૂક્ષ્મગ્રાહી ડિટેક્ટર સાધનોમાં ટપકીને પોતાની હાજરી પુરાવે છે. મ્યુઓનની લાંબી આવરદા તેમના માટે ધીમા પડતા સમયને આભારી છે અને સમયનું ધીમું પડતું વહેણ તેમની પ્રકાશવેગના 0.999% ઝડપને આભારી છે.*

*સ્પેશ્યલ થિઅરી મુજબ સમય/time ધીમો પડે ત્યારે અંતર/space સંકોચાય છે. સંકોચનની ફોર્મ્યુલા :*

$$L = L_0\sqrt{1-(V/C)^2}$$

*આ ફોર્મ્યુલામાં...*

*L = સંકોચાયેલું અંતર; $L_0$ = નોર્મલ અંતર*

*V = મ્યુઓનની ઝડપ; C = પ્રકાશની ઝડપ*

*પરિણામે...*

$$L = 10 \text{ કિલોમીટર } \sqrt{1-(0.999)^2} = 0.447 \text{ કિલોમીટર} = 447 \text{ મીટર}$$

*મ્યુઓને ૧૦ કિલોમીટર નહિ, પણ માત્ર 0.૪૪૭ કિલોમીટર એટલે કે ૪૪૭ મીટરનું અંતર કાપવાનું રહે છે--અને તે અંતર પૃથ્વીવાસી ભૌતિકનિષ્ણાતોની દ્રષ્ટિએ તો ૧૦ કિલોમીટર છે !■*

બનાવ હતો, જેણે સિદ્ધ કર્યું કે પદાર્થના મૂળભૂત અણુમાળખાને બદલવું અશક્ય ન હતું.

અર્નેસ્ટ રૂધરફોર્ડના પ્રયોગોનું આઈનસ્ટાઈનના $E=mc^2$ સૂત્રની દ્રષ્ટિએ મહત્ત્વ શું ? આ પ્રશ્નનો જવાબ હવે પછીની ચર્ચામાં ક્રમશઃ મળે એ પહેલાં અણુનું માળખું સહેજ તપાસવા જેવું છે. અણુનું ૯૯.૯૫% દળ/mass તેની નાભિમાં કેન્દ્રિત થયેલું છે, જેની ફરતે ખાલી જગ્યામાં ઈલેક્ટ્રોન્સ જુદી જુદી ભ્રમણકક્ષા રચીને પ્રદક્ષિણા કરે છે. દશાંશના ટપકા પછી ૨૭ મીંડાં અને છેલ્લે ૯ લખતાં જે નજીવો ફિગર બને એટલા ગ્રામ જેટલું ઈલેક્ટ્રોનનું દળ છે. પરંતુ નેગેટિવ વીજભારના પ્રતાપે અણુની પચાસ ટકા વિદ્યુત ઊર્જા તેમાં સંગ્રહિત થયેલી છે અને બાકીની પચાસ ટકા વિદ્યુત ઊર્જા નાભિના (ઈલેક્ટ્રોન્સ જેટલી જ સંખ્યાના) પ્રોટોનમાં છે, જેનો વીજભાર પોઝિટિવ છે. ઈલેક્ટ્રોન કરતાં ૧,૮૩૩ ગણું વધારે દળ/mass ધરાવતા પ્રોટોન જો કે છૂટાછવાયા નથી. એક ગાંસડે બંધાયેલા છે. આમ તો પ્રોટોન્સ વચ્ચે ગઠબંધન સંભવે જ નહિ, કારણ કે સમાન (પોઝિટિવ) વીજભાર સખત અપાકર્ષણ સર્જી તેમને એકબીજાથી ક્યાંય દૂર ફંગોળી દે. પરંતુ સ્ટ્રોંગ ફોર્સ તરીકે ઓળખાતું કુદરતી પરિબળ તેમને પોતાના સાણસામાં જકડી રાખે છે. ઉપરાંત વીજભારરહિત ન્યૂટ્રોન પરમાણુઓ તેમને છટકવા દેતા નથી. ન્યૂટ્રોનનું દળ પણ લગભગ પ્રોટોન જેટલું છે, પરંતુ નામ પ્રમાણે વીજભારની બાબતમાં તે ન્યૂટ્રલ છે.

■ જેમ્સ ચેડવિક : અણુના ન્યૂટ્રોનને પારખી બતાવનાર ભૌતિકશાસ્ત્રી

અર્નેસ્ટ રૂધરફોર્ડ જેવા ભૌતિકનિષ્ણાતોને સૌથી વધુ રસ પ્રોટોનમાં હતો અને તેમના મનમાં સૌથી વધુ સસ્પેન્સ પણ એ પરમાણુએ જગાડ્યું હતું. અણુની ૫૦% વિદ્યુત ઊર્જા વિસ્તૃત ભ્રમણકક્ષામાં ઘૂમતા છૂટાછવાયા ઈલેક્ટ્રોન્સે પાંખી રીતે વહેંચી લીધી હતી. નાભિ ફરતે એ ઊર્જાનો પ્રસારવ્યાપ ખાસ્સો હતો, પરંતુ બાકીની ૫૦% ઊર્જા ફક્ત નાભિના અતિ સૂક્ષ્મ દાયરામાં કેદ હોય એવું કેવી રીતે બને ? ઉપર નોંધ્યું તેમ બનવાનું એક કારણ પેલું સ્ટ્રોંગ ફોર્સનું પરિબળ હતું, પણ તેના સગડ હજી ભૌતિકનિષ્ણાતોને મળ્યા ન હતા. બીજું કારણ ન્યૂટ્રોન પરમાણુ, જેના પણ અસ્તિત્વ વિશે નિષ્ણાતો અજાણ હતા.

અર્નેસ્ટ રૂધરફોર્ડના લેબોરેટરી આસિસ્ટન્ટ જેમ્સ ચેડવિકે પંદર વર્ષ સુધી મથ્યા બાદ ૧૯૩૨ માં ન્યૂટ્રોનનું અસ્તિત્વ પારખી બતાવ્યું ત્યારે અણુની નાભિનો 'કાંકરીચાળો' કરવા એકદમ માફકસરનો પાણો નિષ્ણાતો માટે હસ્તગત બન્યો. રેડિઅમ જેવાં અમુક કિરણોત્સર્ગી પદાર્થો આપમેળે પોતાના ન્યૂટ્રોનને મુક્ત કરતા હોય, એટલે બીજા સામાન્ય પદાર્થની અણુનાભિ તરફ એ ન્યૂટ્રોનની 'મશીન ગન' તાકવાનું સહેલું હતું. ન્યૂટ્રોનને વીજભાર ન હોવાને કારણે નાભિની બાહ્ય ભ્રમણકક્ષાના ઈલેક્ટ્રોન આકર્ષણ થકી અધવચ્ચે તેને આંતરી ન શકે તેમ નાભિના પ્રોટોન અપાકર્ષણ થકી તેને દૂર પણ ન ધકેલે. કોઈ જાતના હસ્તક્ષેપ વિના ન્યૂટ્રોન બારોબાર નાભિ સુધી પહોંચી જાય અને ત્યાં પરમાણુના ઝૂમખામાં જમાવટ કરી દે. અંતે શું





થાય એ તો નીવડ્યે ખબર !

આ પ્રયોગ જેમ્સ ચેડવિકે કરી જોયો, પણ સફળતા ન મળી. ન્યૂટ્રોનનું તીર નિશાન પર વાગ્યું જ નહિ. દરેક ન્યૂટ્રોન લક્ષ્યાંક નાભિને ચૂકી ગયો --અને જે ન ચૂક્યો તે નાભિના ઝૂમખાની આરપાર નીકળી ગયો. નાભિની અંદર તેણે આસન ન જમાવ્યું. ન્યૂટ્રોનની શોધ કર્યા બદલ નોબેલ પારિતોષિક માટે ઉમેદવારી નોંધાવી ચૂકેલા જેમ્સ ચેડવિકે ફરી ફરીને પ્રયોગ દોહરાવ્યો અને દર વખતે ફરી ફરીને એક ભૂલ પણ દોહરાવતો રહ્યો. ન્યૂટ્રોનને તેણે રાબેતામુજબના વેગે નાભિ તરફ જવા દીધા. ન્યૂટ્રોનનો કુદરતી વેગ જરા વધારે હોય, એટલે નાભિની બિલકુલ નજીક રહીને પસાર થતી વખતે પણ આવા પરમાણુઓ તેને સડસડાટ પાર કરી ગયા. પ્રવાસની બિલકુલ સીધી લીટી તેમણે આંકી. લીટી સહેજ વાંકીચૂંકી હોય તો શું બને?

■ અણુની નાભિનું સ્વરૂપ બદલવાનો પ્રથમ પ્રયોગ ઈટાલિના એનરિકો ફર્મીએ કરી બતાવ્યો

આ સવાલ બે વર્ષ પછી જેના મનમાં જાગ્યો એ ભૌતિકનિષ્ણાત જેમ્સ ચેડવિક નહિ, પણ ઈટાલિનો એનરિકો ફર્મી હતો. ઈટાલિના પાટનગર રોમના સીમાડે મનોહર વનરાજી અને બગીચા વચ્ચે આવેલી પ્રયોગશાળામાં ફર્મી અને તેના મદદનીશ સંશોધકો પણ અણુનાભિ પર વર્ષો થયે નિષ્ફળ અખતરા કરી રહ્યા હતા. નાભિના ઝૂમખામાં ત્રાહિત ન્યૂટ્રોનનો સમાવેશ કરવાની અને પછી રિઝલ્ટ શું આવે છે તે જોવાની દરેક કોશિશ વ્યર્થ નીવડી હતી. એક દિવસ ફર્મીને વિચાર આવ્યો કે ન્યૂટ્રોનનો વેગ સહેજ ધીમો પાડીને અખતરો કરી જોયો હોય તો કેમ ? બિલકુલ સીધી લીટીનો પ્રવાસમાર્ગ આંકવાને બદલે તે જરા વાંકોચૂંકો માર્ગ પકડે અને સ્પીડ પણ ઓછી હોવાને લીધે નાભિના સાન્નિધ્યમાં તે વધુ સમય વીતાવે, એટલે ટક્કરની સંભાવના આપોઆપ વધી જાય.

નિશાનનો મધ્યવીંધ કરતા ધીમા ન્યૂટ્રોન

પાણી/$H_2O$ ના રેણુએ ન્યૂટ્રોન પરમાણુને ધીમા પાડ્યા, એટલે ધાર્યું નિશાન આવ્યું

વેગવાન ન્યૂટ્રોન

ધીમો ન્યૂટ્રોન

નાભિ

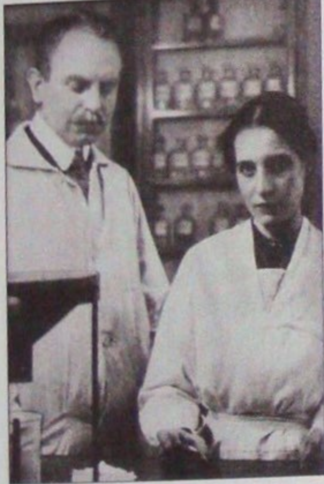
પાણીની ટાંકી

વિચારનો અમલ કરવામાં ખાસ મુશ્કેલી ન પડી. પ્રયોગશાળાના મકાનની પાછળના ભાગમાં ફુવારાનો હોજ હતો. ફર્મીની સૂચના મુજબ તેના મદદનીશો તેનું ડોલબંધ પાણી ઉલેચી લાવ્યા અને કાચની મોટા કદની સમચોરસ ટાંકીમાં ભર્યું. ફર્મીએ

ત્યાર પછી રેડિઓએક્ટિવ (કિરણોત્સર્ગી) પદાર્થના ન્યૂટ્રોનને એ ટાંકીમાં દાખલ કર્યા. આ ન્યૂટ્રોન પાણીના એક રેણુ સાથે, પછી બીજા રેણુ સાથે અને પછી ત્રીજા રેણુ સાથે જેમ અથડાતા ગયા એમ તેમના વેગમાનમાં ઘટાડો થતો રહ્યો. (જુઓ, *પાછળના પાને આકૃતિ.*) અંતે સામા છેડે તેઓ બહાર નીકળ્યા ત્યારે તેમની ઝડપ ક્યાંય ઓછી હતી એટલું જ નહિ, પણ તેમનો પ્રવાસમાર્ગ જરા વાંકોચૂંકો બન્યો હતો. પાણી ભરેલી ટાંકીની બીજી તરફ લક્ષ્યાંકરૂપી અણુનાભિઓ હતી. કેટલાક ન્યૂટ્રોન જે તે નાભિમાં પેસી ગયા અને તેનું અણુમાળખું બદલી નાખ્યું. ફેરબદલાની એ ઘડી સાચા અર્થમાં 'યુરેકા !' ઘડી હતી, કેમ કે અણુની નાભિ સાથે ધારી રમત કરવાનો નુસખો પહેલીવાર હસ્તગત થયો. નુસખો સરળ પણ હતો : નાભિ પર ન્યૂટ્રોનનો મારો ગલગોટાની વર્ષાના ધોરણે ચલાવો, ગોળીની બૌછાર તરીકે નહિ.

એનરિકો ફર્મીનો પ્રયોગ સફળ થવાનું મુખ્ય કારણ સમજવા માટે અર્નેસ્ટ રૂધરફોર્ડના પ્રથમ અખતરાને યાદ કરો, જેમાં ગોલ્ડ ફોઇલની અણુનાભિ સાથે ટકરયેલા કેટલાક આલ્ફા કણો રિબાઉન્ડ થતા પાછા આવ્યા હતા--એટલા માટે કે એ કણોની ઝડપ ખાસ્સી હતી. ગોબરનું તાજું (અને જાડું) લીંપણ ધરાવતી દીવાલ તરફ જોરમાં ફેંકેલી ટચૂકડી લખોટી પ્રત્યાઘાતની મારી પાછી ફરે, પરંતુ એ જ લખોટીને હળવે રહીને ફેંકો તો ગોબરના જાડા થરમાં તે ખૂંપી જાય એમ ફર્મીના પ્રયોગ વખતે ઓછી ગતિના ન્યૂટ્રોન પરમાણુઓ લક્ષ્યાંકરૂપી અણુનાભિના ઝૂમખામાં પેસી ગયા હતા. થોડા જ મહિનામાં ફર્મીએ આવા ન્યૂટ્રોન વડે કુલ ૩૭ જાતનાં કુદરતી તત્ત્વોનું અણુમાળખું (તેમાં વધારાના ન્યૂટ્રોનનો સમાવેશ કરીને) બદલી નાખ્યું. એ પછી વાત ત્યાં જ અટકી પડી. બીજાં ચાર વર્ષ પછી વાત આઇનસ્ટાઇનના સૂત્ર $E=mc^2$ સુધી પહોંચી જાય તેની ફર્મીને કલ્પના ન હતી. સૂત્રના પ્રણેતા આઇનસ્ટાઇનને પણ નહિ.

■ ઑટો હાન (ડાબે) તથા યહૂદી ભૌતિકશાસ્ત્રી લીઝ માઇટનર



એક મુદ્દો ધ્યાન પર લેવા જેવો છે. તત્ત્વની અણુનાભિ સાથે ઉમેરાતો ન્યૂટ્રોન પરમાણુ તરત પ્રોટોનમાં ફેરવાય છે અને સરવાળે પ્રોટોનની સંખ્યા જો ત્યાર પછીના બીજા આગામી તત્ત્વના પ્રોટોન જેટલી થાય તો પ્રોટોન (અસલમાં ન્યૂટ્રોન) મેળવનાર એ તત્ત્વ બીજા તત્ત્વમાં રૂપાંતર પામે છે. દા. ત. એલ્યુમિનિયમની નાભિમાં ૧૩ પ્રોટોન છે. એક નવો પ્રોટોન તેમાં સર્જાય ત્યારે એલ્યુમિનિયમ ૧૩ ને બદલે ૧૪ પ્રોટોન ધરાવતા સિલિકોનમાં રૂપાંતર પામે છે. કૃત્રિમ





રીતે નવાં તત્ત્વો એ જ પ્રમાણે બને. આ જાતના સ્વરૂપાંતર માટે ૩૭ પ્રકારનાં તત્ત્વો પછી ૩૮ મા તત્ત્વ પર એનરિકો ફર્મીએ પ્રયોગ શરૂ કર્યો. આ તત્ત્વ હતું : યુરેનિયમ.

ઇટાલિમાં ફર્મીએ અખતરા કર્યા એ દરમ્યાન જર્મનીમાં લીઝ માઇટનર નામની ભૌતિકશાસ્ત્રી મહિલા અને તેનો સહયોગી વિજ્ઞાની ઑટો હાન પણ એવા જ પ્રયોગોમાં વ્યસ્ત હતા. ઑટો હાન જર્મન હતો, જ્યારે લીઝ માઇટનર ઑસ્ટ્રિયન હતી. ૧૯૧૭ માં તેમણે સાથે મળીને પ્રોક્ટેક્ટિનિયમ નામનું ૯૧ પ્રોટોનનું બનેલું નવું તત્ત્વ શોધી કાઢ્યા પછી ૯૨ પ્રોટોનના યુરેનિયમમાં તેમને રસ જાગ્યો. ૧૯૩૪ માં ફર્મીએ ન્યૂટ્રોનનો વેગ ધીમો પાડીને મેળવેલી સફળતા વિશે તેમણે સાંભળ્યું હતું, માટે એ જ સાદી તરકીબ યુરેનિયમ પર અજમાવવાનું તેમણે નક્કી કર્યું. જર્મનીના પાટનગર બર્લિન ખાતે આવેલી કૈઝર વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટની પ્રયોગ-શાળામાં લીઝ માઇટનરે તે માટે ખાસ સાધનો તૈયાર કરાવ્યાં અને કુદરતના સૌથી ભારે તત્ત્વ એવા યુરેનિયમની અણુનાભિ સાથે રમત શરૂ કરી. પ્રયોગો બહુ આગળ વધે તે પહેલાં જો કે માઇટનરના નસીબે તેની કારકિર્દી સાથે રમત કરી. માઇટનર યહૂદી હતી. હિટલર ૧૯૩૩ માં સત્તા પર આવ્યા પછી જર્મન યહૂદીઓ પર તેના નાઝી પક્ષનો ખોફ ઉતર્યો. સરકારી હોદ્દા સંભાળતા યહૂદીઓને પાણીચું મળ્યું. કેટલાકની મિલકતો અને વ્યાપારી કારોબાર જપ્ત થયાં. હિટલરની છૂપી પોલીસ ગેસ્ટાપોના નિયામક જોસેફ ગોબેલ્સે બીજા અનેકની ગિરફતારી કરાવી તેમને અચોક્કસ સમય માટે લશ્કરી કેદછાવણીમાં મોકલી આપ્યા.



■ આજે મેક્સ પ્લાન્ક ઇન્સ્ટિટ્યૂટ તરીકે જાણીતી બનેલી કૈઝર વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ

લીઝ માઇટનર ઑસ્ટ્રિયન નાગરિક હોવાના નાતે કૈઝર વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં તેનો હોદ્દો સલામત રહ્યો, પરંતુ એ સ્થિતિ પણ બદલાતાં વાર ન લાગી. હિટલરે ૧૯૩૮ માં ઑસ્ટ્રિયાને જીતી તેને જર્મની સાથે ભેળવી દીધું, એટલે માઇટનર આપોઆપ જર્મન નાગરિક બની. સામાજિક અને રાજકીય દરજ્જો ઘટી ગયો, કેમ કે જર્મન યહૂદીઓ નિમ્ન સ્તરના નાગરિકો ગણાતા હતા. વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં માઇટનર વિરૂદ્ધ પ્રચારાત્મક ઘૂસપૂસ થવા માંડી. વૈજ્ઞાનિક સંશોધનને આમ તો રાજકારણ સાથે લેવાદેવા ન હોવી જોઇએ, પરંતુ નાઝીશાસિત આખા દેશમાં વાતાવરણ યહૂદીઓ પ્રત્યેની નફરત વડે કલૂષિત હોય ત્યારે વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટના વિજ્ઞાનીઓ તેનાથી નિર્લેપ રહે એ લાંબે ગાળે શક્ય ન હતું. માઇટનર

સામેનો પ્રચાર તેમજ અસહકાર દિનપ્રતિદિન વધતો ગયો. હિટલરના સત્તા-રોહણ બાદ પાંચ વર્ષ પણ તે સંશોધક વિજ્ઞાનીના હોદ્દા પર ટકી શકી તેનું એક કારણ એ કે કૈઝર વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટનું વાર્ષિક નાણાંકીય બજેટ સરકારની તિજોરીમાંથી આવતું ન હતું. એક ખાનગી સંસ્થા બધો ખર્ચ આપતી હતી.

લાંબો સમય ખામોશી જાળવ્યા પછી આખરે લીઝ માઇટનરે પોતાની મનોવ્યથા તેના સહયોગી વિજ્ઞાની ઑટો હાન સમક્ષ રજૂ કરી. જવાબમાં ઑટો હાન પોતે ખામોશ રહ્યો. બીજે દિવસે તે વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટને વાર્ષિક ફંડ આપતી સંસ્થાના ખજાનચીને રૂબરૂ મળવા ગયો અને માઇટનરની કફોડી દશા અંગે તેને વાકેફ કર્યો. હાઇનરિશ હોર્લેઇન નામનો એ ખજાનચી ઘણું કરીને હિટલરના નાઝી પક્ષનો તરફદાર હતો. કંઇ નહિ તો યહૂદીઓ પ્રત્યે તેને સહાનુભૂતિ ન હતી. ઘણી પૂછપરછને અંતે તેણે ઑટો હાનનો વ્યક્તિગત અભિપ્રાય માગ્યો. હાનનો જવાબ હતો : આપણે તે મહિલાને છૂટી કરી દઇએ.



લીઝ માઇટનર સાથે ૩૦ વર્ષ સુધી વૈજ્ઞાનિક સંશોધન કર્યું હોવા છતાં એક જ ક્ષણમાં ઑટો હાને (ડાબો ફોટો) તે મૈત્રીસંબંધને ઠોકર મારી દીધી. હાન નર્યો સ્વાર્થી હતો ? બીજા અનેક જર્મન વિજ્ઞાનીઓની જેમ નાઝીવાદના રંગમાં તે પણ રંગાયો હતો? કે પછી લાચારીના માર્યા તેણે માઇટનરની બરતરફી માટે ભલામણ કરી હતી ? સંભાવના એ છે કે જર્મનીના નવા રાજકીય વાતાવરણમાં તે લાચાર હતો. હિટલરનો નાઝીવાદ દેશની વૈજ્ઞાનિક આલમમાંય પ્રસરી ચૂક્યો હતો અને વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ તેમાં અપવાદ ન હતી. આ સંજોગો વચ્ચે યહૂદી મહિલાના સહયોગી વિજ્ઞાની તરીકે સંશોધન ચાલુ રાખવું તે બીજા સૌ વિજ્ઞાનીઓનો સામુહિક અસહયોગ ઉછીનો માગવા બરાબર હતું--અને એવા સંજોગોમાં અણુનાભિ જેવા ગહન વિષય પર વૈજ્ઞાનિક સંશોધન કરી શકાય નહિ.

આ તરફ લીઝ માઇટનરના હૃદયમાં સહેજે ડંખ રહી જાય કે પોતાના વર્ષો જૂના સાથીદારે મુશ્કેલીના સમયે તેને સાથ ન આપ્યો, બલકે મુશ્કેલીને ચરમસીમાએ પહોંચાડી દીધી. પરંતુ સ્વભાવે તે કદાચ ફિલ્સૂફ હતી, એટલે મનમાં સહેજ પણ કડવાશ રાખ્યા વિના અગર તો ઑટો હાનની વર્તણૂંક અંગે બીજાના મોઢે ચર્ચા પણ કર્યા વિના તેણે બરતરફીનો કાગળ સ્વીકારીને વિદાય લીધી. વ્યક્તિ નહિ, પણ વૈજ્ઞાનિક સંશોધન મહત્ત્વનું હતું. આથી





વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ છોડતાં પહેલાં માઇટનરે યુરેનિયમ પર આગામી સંશોધન કેવા પ્રકારે ચલાવવું અને તે માટે વિવિધ પ્રકારના વૈજ્ઞાનિક સાધનોને તે માટે કેવી રીતે કામે લગાડવાં તેના વિશે ઑટો હાનને નિખાલસભાવે સલાહસૂચનો આપ્યાં. બે દિવસ સુધી ચર્ચાનો વિષય એ જ રહ્યો. કશા વાંકગુના વગર ઑટો હાને તેની નોકરી છોડાવ્યાનો તો ઉલ્લેખ સુદ્ધાં નહિ. જો હુઆ સો હુઆ. વૈજ્ઞાનિક સંશોધન એ વાતે અટકવું ન જોઇએ.

ઑગસ્ટ, ૧૯૩૮ માં લીઝ માઇટનરે જર્મની છોડ્યું અને સ્ટોકહોમ જતી રહી, જ્યાં સ્વિડિશ સરકારે તેને એક જાણીતી વૈજ્ઞાનિક સંસ્થામાં નિમણૂંક આપી. નિમણૂંક લગભગ નિરર્થક હતી. સ્વિડિશ ભાષા ન જાણતી માઇટનર (જમણી તસવીર) બીજા વિજ્ઞાનીઓ સાથે વિચારવિનિમય કરી શકતી ન હતી. પગાર નક્કી થયો હતો, પરંતુ સંશોધકની રૂએ તેને ન અધિકારો મળ્યા કે ન સંશોધનમાં મદદરૂપ થાય તેવા આસિસ્ટન્ટની સુવિધા મળી. સ્વાભાવિક રીતે જ માઇટનરના જિજ્ઞાસુ મગજનું હોકાયંત્ર જર્મનીના બર્લિનની દિશા બતાવતું રહ્યું કે જ્યાં ઑટો હાન અને તેનો નવો સહયોગી વિજ્ઞાની ફ્રિટ્ઝ સ્ટ્રાસમાન યુરેનિયમની અણુનાભિ પર અખતરા કરતા હતા. માઇટનરે પત્રવ્યવહાર દ્વારા ઑટો હાન જોડે સંપર્ક ચાલુ રાખ્યો.



અગાઉ નોંધ્યું તેમ સૌથી ભારે એવું કુદરતી તત્ત્વ યુરેનિયમ ૯૨ પ્રોટોન ધરાવે છે. એક બાહ્ય ન્યૂટ્રોન તેમાં ઉમેરાય અને પ્રોટોનમાં ફેરવાય ત્યારે અણુક્રમાંક/atomic number ૯૩ નું નવું અને વધુ ભારે તત્ત્વ બનવું જોઇએ. આ નવું તત્ત્વ સર્જવા માટે હાન અને તેનો નવો જોડીદાર સ્ટ્રાસમાન મહિનાઓ સુધી મથતા રહ્યા, પરંતુ લાખ કોશિશો છતાં એ નવા તત્ત્વનું સ્વરૂપ તેઓ પારખી શક્યા નહિ.

એક તત્ત્વની ફોઇલ પર કે ટુકડા પર ન્યૂટ્રોનનો મારો ચલાવ્યા પછી એટલા ભાગમાં જે નવું તત્ત્વ રચાય તેને પારખવા માટે એ સમયના ભૌતિકનિષ્ણાતોએ અપનાવેલી રીત બહુ સરળ હતી. બેરિયમને તેઓ ચીટકપદાર્થ તરીકે વાપરી તેના પર નવા તત્ત્વના સંખ્યાબંધ અણુને ચીપકવા દેતા હતા. એસિડ વડે ત્યાર પછી બેરિયમને નાબૂદ કરાય એટલે નવું તત્ત્વ સૂક્ષ્મ કણીરૂપે છૂટું પડી આવતું હતું. આ પ્રક્રિયા અનેક વખત કર્યા છતાં હાન અને સ્ટ્રાસમાન બે પદાર્થોને નખશિખ છૂટા પાડી શક્યા નહિ. નવા તત્ત્વ સાથે કેટલુંક બેરિયમ ચીપકેલું રહેતું હતું એટલું જ નહિ, પણ તે કિરણોત્સર્ગી જણાતું હતું.

ઑટો હાને પોતાની દ્વિધા વર્ણવતો લાંબો પત્ર લીઝ માઇટનરને લખ્યો. માઇટનરે તેને

ડેન્માર્કના પાટનગર કોપનહેગન ખાતે રહેતા પોતાના ભત્રીજા રોબર્ટ ફ્રિશને ત્યાં બોલાવ્યો. નવેમ્બર, ૧૯૩૮ માં તેમણે પ્રયોગ અંગે વિસ્તૃત ચર્ચા કરી, જેની ફળશ્રુતિ છેવટે તો એ જ કે વધુ ચોકસાઇ સાથે વધુ પ્રયોગો કરવાનું જરૂરી હતું. માઇટનર પોતે સમજી ન શકી કે બેરિયમમાં ભારોભાર કિરણોત્સર્ગ શેને લીધે પેદા થયો હતો ? નવા તત્ત્વરૂપે જુદા પ્રકારના રેડિઅમનું સર્જન થયું હતું ? કદાચ થયું હોય, કેમ કે ધરતી પર અનેક ઠેકાણે રેડિઅમ અને યુરેનિયમ એક જ ખાણમાં મળી આવતાં હતાં. કરોડો વર્ષ દરમ્યાન યુરેનિયમનું કુદરતી રીતે જ રેડિઅમમાં સ્વરૂપાન્તર થયું હોય એવું બને, છતાં વધુ પ્રયોગો હાથ ધર્યા વગર કશું ખાતરીપૂર્વક કહી શકાય નહિ.



■ વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં ઑટો હાનનો મદદનીશ ભૌતિકશાસ્ત્રી ફ્રિટ્ઝ સ્ટ્રાસમાન

લીઝ માઇટનર બેચેન જીવે સ્વિડન પાછી ફરી. બેચેની સ્વાભાવિક હતી, કારણ કે જીવ વૈજ્ઞાનિકનો હતો. બીજે મહિને તેણે પોતાના ભત્રીજા રોબર્ટ ફ્રિશને નાતાલનું વેકેશન ગાળવા સ્વિડન તેડાવ્યો. ફ્રિશ પણ તેની જેમ ભૌતિકશાસ્ત્રી હતો. એક સવારે બર્ફિલા વગડામાં તેઓ ચાલવા નીકળ્યા ત્યારે માઇટનરે બર્લિનની વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં થતા પ્રયોગો વિશે ફ્રિશને વિગતે જણાવ્યું. ભત્રીજાને લાગ્યું કે ઑટો હાને જરૂર ક્યાંક ગફલત કરી હોવી જોઇએ. આ શક્યતાને માઇટનરે નકારી કાઢી. વૈજ્ઞાનિક પ્રયોગોની બાબતમાં ઑટો હાનની ચોકસાઇ પર તેને પૂરો ભરોસો હતો. ચીટક બેરિઅમથી નવું તત્ત્વ (જો રેડિઅમ હોય તો રેડિઅમ) છૂટું ન પડવાનું કારણ જુદું હતું--અને રહસ્યમય હતું. ભૌતિકશાસ્ત્રી-કમ-ભત્રીજા રોબર્ટ ફ્રિશે ત્યાર પછી નવી શક્યતા રજૂ કરી : રેડિઅમનું સર્જન થયું જ ન હોય એ પોસિબલ ખરૂં કે નહિ ?

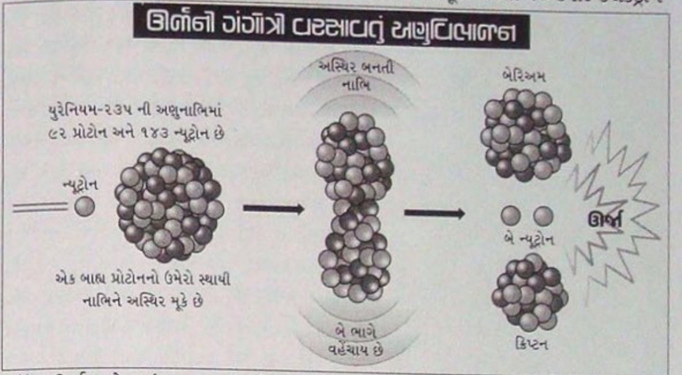
આ સાંભળીને અચાનક વિચારે ચડેલી માઇટનર અટકી, કાગળ અને પેન્સિલ કાઢ્યા અને ઝાડના થડની ઓથે બેસી મેથેમેટિકલ ગણતરીઓ કરવા લાગી. માનો કે રેડિઅમ સર્જાયું ન હોય તો બેરિઅમ આટલું બધું કિરણોત્સર્ગી શી રીતે બન્યું? નવા તત્ત્વરૂપે કિરણોત્સર્ગી બેરિઅમ રચાયું હતું ? પરંતુ એવું પણ કેમ બને ? બેરિઅમની અણુનાભિ યુરેનિયમની અણુનાભિ કરતાં લગભગ અડધા કદની છે. નવું કિરણોત્સર્ગી બેરિઅમ રચાયું હોય તો તેનો મતલબ એ થયો કે બર્લિનની વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ખાતે ઑટો હાને તથા ફ્રિટ્ઝ સ્ટ્રાસમાને યુરેનિયમના અણુનું વિભાજન કર્યું હતું, જેમાંથી એક ટુકડો બેરિઅમ તરીકે છૂટો પડ્યો હતો !

આમ બનવું પણ મુમકિન ન લાગે, કારણ કે એકાદો ન્યૂટ્રોન યુરેનિયમની (સૌથી ભારે કુદરતી તત્ત્વની) ઝૂમખાદાર અણુનાભિને તોડી નાખે એ માનવા જેવું નથી--સિવાય કે એમ માની લેવાય કે એકાદ કાંકરાનો પ્રહાર સેંકડો કિલોગ્રામના ખડકને તોડી નાખે. ઉપરાંત પેલા સ્ટ્રૉંગ ફોર્સનું શું કે જેણે પોઝિટિવ વીજભારના એટલે કે પુષ્કળ અપાકર્ષણ પેદા કરતા ૯૨





પ્રોટોનને યુરેનિયમની અતિ સૂક્ષ્મ નાભિમાં લૂમરૂપે મુશ્કેટાટ જકડી રાખ્યા છે? માઇટનરે હિસાબ ગણ્યોઃ સ્ટ્રૉંગ ફોર્સનો સાણસો તોડવા માટે નાભિમાં ૨૦ કરોડ ઇલેક્ટ્રોન વૉલ્ટ જેટલી ઊર્જા વાપરવી જોઇએ. એક સરખામણીઃ અમેરિકાના બર્કલી શહેરમાં આવેલા મહાકાય પાર્ટિકલ એક્સેલરેટરમાં પરમાણુને લગભગ પ્રકાશવેગે ધકેલવા માટે ૧૦ કરોડ ઇલેક્ટ્રોન વૉલ્ટ જેટલી વીજળીનો પુરવઠો વપરાય છે અને તે પુરવઠો આખા બર્કલી શહેરમાં રહેણાંક મકાનો, ઇલેક્ટ્રિક ટ્રેન, ઔદ્યોગિક સંકુલો વગેરે માટે વપરાતી કુલ વીજળી બરાબર છે. પાર્ટિકલ એક્સેલરેટરના તાયફાને એટલે જ દિવસે નહિ, પણ મધરાત પછી સક્રિય કરવામાં આવે છે કે જ્યારે શહેરી વીજમાગ ઝાઝી હોતી નથી. ક્યાં આખા શહેરને પૂરી પાડતી ૧૦ કરોડ ઇલેક્ટ્રોન




વૉલ્ટ ઊર્જા અને ક્યાં સૂક્ષ્મ અણુનાભિમાંથી મુક્ત થતી તેના કરતાં બમણી ઊર્જા ! પ્રશ્ન એ કે પ્રોટોનને વેરવિખેર કરી દેવા માટે અણુનાભિમાં ૨૦ કરોડ ઇલેક્ટ્રોન વૉલ્ટથી વધુ ઊર્જા આવે ક્યાંથી? ઓચિંતો પેદા થતો ઊર્જાસ્રોત કયો ?

લીઝ માઇટનરને ડેન્માર્કના ભૌતિકશાસ્ત્રી (અને ભત્રીજા રોબર્ટ ફ્રિશના ગુરુ) નીલ્સ બોહ્રે વર્ણવેલું અણુનું મોડેલ યાદ આવ્યું. આ મોડેલ પ્રમાણે અણુનાભિ રચતું પ્રોટોનનું અને ન્યૂટ્રોનનું ઝૂમખું નક્કર અને કાળમીંઢ નહિ, બલકે પાણીના ટીપા/liquid drop જેવું છે. લીસ્સા, પોલિશદાર ટેબલ પર પડેલા પાણીના ટીપાને ફૂંક મારતાં તે હલબલવા માંડે તેમ ન્યૂટ્રોનનો પ્રહાર અણુનાભિમાં સ્પંદનો જગાડે છે. આખી નાભિ હાલકડોલક થાય છે. નાભિની વચ્ચોવચ જ્યાં ફટકો વાગ્યો ત્યાં એટલો ભાગ સાંકડો બનતાં નાભિ ડમ્બેલ જેવો આકાર ધારણ કરે છે. (જુઓ, *ઉપરની આકૃતિ.*) વચલો ભાગ તણાવ અનુભવે છે, જે લાંબો સમય ટકતો નથી. થોડી વાર માટે ડામાડોળ રહ્યા પછી અણુનાભિ તેનો મૂળ આકાર પાછો મેળવે છે. નાભિ તૂટે નહિ, કેમ કે સ્ટ્રૉંગ ફોર્સે તેના પર જમાવેલી પકડ મજબૂત છે.

સામાન્ય રીતે ન તૂટે, પણ અસામાન્ય સંજોગોમાં તેના બે ટુકડા થાય કે નહિ ? જવાબ

માટે પાણીના ટીપાને બદલે પાણી ભરેલો રબ્બરનો નાનો ફુગ્ગો કલ્પી લો. ફુગ્ગાને વચ્ચોવચ પકડી તેને દાબો. સ્વાભાવિક છે કે ફુગ્ગાનો આકાર ત્યારે ડમ્બેલ જેવો બને. સામાન્ય રીતે ફુગ્ગાનું રબ્બર ફસકી જતું નથી, પરંતુ ધારો તો અસામાન્ય સંજોગો પેદા કરી શકાય છે. સેકન્ડવાર પછી હથેળીની પકડ ઢીલી મૂકી ફુગ્ગાને તરત પાછો દાબો. આ ક્રિયા સતત ચાલુ રાખો તો સરવાળે આંતરિક પાણીની 'ધીંગામસ્તી' એટલી વધી જાય કે ફુગ્ગો વહેલોમોડો ફસક્યા વિના રહે નહિ.

બર્લિન ખાતે ઑટો હાને તથા ફ્રિટ્ઝ સ્ટ્રાસમાને કરેલા પ્રયોગો દરમ્યાન યુરેનિયમના મામલામાં પણ આવું જ બન્યું હોવાની સંભાવના કે શક્યતા ખરી ? માઇટનરે નવો હિસાબ માંડ્યો : યુરેનિયમની અણુનાભિમાં ૯૨ પ્રોટોન છે. બેકી સંખ્યાને લીધે નાભિ સ્થાયી અને સંતુલિત રહે છે. એક બાહ્ય ન્યૂટ્રોનનો ઉમેરો થયા પછી નાભિની સ્થિરતા જળવાતી નથી. ન્યૂટ્રોન જેવો પ્રોટોનમાં ફેરવાય કે તરત નાભિનો પોઝિટિવ વીજભાર સહેજ વધે છે, માટે અપાકર્ષણનું પરિબળ વધી જાય છે. બીજી તરફ સ્ટ્રૉંગ ફોર્સ કહેવાતા સાણસાછાપ પરિબળમાં તો કશો ફરક પડ્યો હોય નહિ. નાભિનું ઝૂમખું હાલકડોલક થવા માંડે છે--અને થતું રહે છે. વચ્ચેથી સંકોચાય છે, વિસ્તરે છે, ફરી સંકોચાય છે. વીસ કરોડ ઈલેક્ટ્રોન વૉલ્ટ ઊર્જા બધા પ્રોટોનને તિતર-બિતર કરી દેવા માટે ઓચિંતી મુક્ત થાય છે. અંતે ફાટી પડતા ફુગ્ગાની માફક નાભિ બે ભાગે વિભાજન પામે છે. એક ભાગ બેરિઅમ અને બીજો ભાગ ક્રિપ્ટન, જેમના ઉપરાંત બે ન્યૂટ્રોન પણ છૂટા પડે છે. મેથેમેટિકલ ગણતરી કરવામાં માહેર એવી લીઝ માઇટનરે એ પણ ગણી કાઢ્યું કે વિભાજન પામતી અણુનાભિના સ્પેર પાર્ટ્સનું કુલ દળ/mass એ નાભિના ઓરિજિનલ દળ કરતાં પાંચમા ભાગ જેટલું ઓછું હોવું જોઈએ. ગૂમ થતો પદાર્થ ક્યાં જાય છે ? આઈનસ્ટાઈનના $E=mc^2$ સમીકરણની રાહે ઊર્જામાં ફેરવાય છે! આ સમીકરણમાં $c^2$ ગુણાંક બહુ પ્રચંડ છે, માટે પેદા થતી ઊર્જાનું પ્રમાણ જેવું તેવું હોતું નથી.



અણુનો ભેદ ખૂલી ગયો. સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીમાં $E=mc^2$ ને માત્ર પરિશિષ્ટ તરીકે





સામેલ કરનાર આઈનસ્ટાઈન સાચો હતો. આઈનસ્ટાઈન પોતે ત્યારે જર્મનીમાં ન હતો. સ્વિત્ઝરલેન્ડમાં પણ નહિ. સ્વિસ પેટન્ટ ઑફિસની નોકરી છોડ્યા પછી તે જર્મની પાછો ફર્યો હતો અને બર્લિન ખાતે પ્રોફેસરનો હોદ્દો પામ્યો હતો, પરંતુ ૧૯૩૩ માં નાઝીવાદનો જુવાળ ચડ્યા પછી બીજા અનેક યહૂદી સંશોધકોની જેમ તેણે અમેરિકાને પોતાનું નવું વતન બનાવ્યું હતું અને ત્યાંના નાગરિકત્વ માટે અરજી કરી હતી. લીઝ માઇટનરે કાઢેલાં તારણો વિશે જાણ્યા પછી તેણે પોતાની સાપેક્ષવાદની થિઅરી સાચી પુરવાર થયાનો આનંદ કેટલો અનુભવ્યો તે એને ખબર, પણ હળવો આઘાત જરૂર અનુભવ્યો. અણુનું વિભાજન શક્ય બન્યાના સૂચિતાર્થો ગંભીર હતા. કેટલાક વિજ્ઞાની મિત્રો સાથે વિચારવિનિમય કર્યા પછી તેમની ભલામણ સ્વીકારી તેણે અમેરિકાના પ્રમુખ ફ્રેન્કલિન ડી. રૂઝવેલ્ટને પત્ર લખ્યો :



■ અમેરિકન પ્રમુખ ફ્રેન્કલિન રૂઝવેલ્ટ

> પ્રતિ,
> એફ. ડી. રૂઝવેલ્ટ
> ય યુનાઈટેડ સ્ટેટ્સના પ્રમુખ
> વ્હાઈટ હાઉસ,
> વૉશિંગ્ટન ડી.સી.
>
> મહાશય,
>
> તાજેતરમાં થયેલા સંશોધન વિશેની લેખિત વિગતો જોતાં મને લાગે છે કે યુરેનિયમ તત્ત્વને નિકટના ભવિષ્યમાં એક નવા અને મહત્ત્વના ઊર્જાસ્રોત તરીકે પલોટવું અશક્ય નથી. (વર્તમાન) પરિસ્થિતિનાં કેટલાંક પાસાંને ધ્યાનમાં લેતાં આપની સરકારે જરા સતર્ક રહેવું જોઇએ અને જરૂરી હોય તો ઝડપી પગલાં લેવાં જોઇએ.
>
> આ નવી શોધે નવા પ્રકારનો અત્યંત શક્તિશાળી બોમ્બ તૈયાર કરવા માટેની દિશા ખોલી નાખી છે. આ પ્રકારનો એક બોમ્બ રખે જહાજ મારફત બંદરગાહ સુધી મોકલી ત્યાં તેને દાગવામાં આવે તો બંદર ઉપરાંત આજુબાજુના ઘણા વિસ્તારનો તે નાશ કરી નાખે...
>
> આપનો,
> આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈન

આ પત્ર આઈનસ્ટાઈને લખ્યો ઑગસ્ટ ૨, ૧૯૩૯ ના રોજ, પણ લખ્યા બાદ રાખી મૂક્યો. વિજ્ઞાની મિત્રોએ ઘણું દબાણ કર્યા છતાં ફાઈલમાં પડી રહેવા દીધો. અણુશસ્ત્રના ભોરિંગ તરફ અમેરિકાનું પણ ધ્યાન તેને દોરવું ન હતું. એ પછીના મહિને બીજું વિશ્વયુદ્ધ ફાટી નીકળ્યું ત્યારે વિજ્ઞાની મિત્રોએ ફરી તેને સમજાવ્યો. આ વખતે આઈનસ્ટાઈનના મનમાં ખંચકાટ ન હતો, કેમ કે હિલટરે બાહોશ જર્મન ભૌતિકશાસ્ત્રી વર્નર હાઈઝેનબર્ગને અણુબોમ્બનો પ્રોજેક્ટ સોંપવાનું નક્કી કર્યું હોવાના અને તે માટે અમર્યાદ બજેટ ફાળવ્યાના સમાચાર તેને જર્મનીથી નાસી આવેલા યહૂદી સંશોધકો દ્વારા મળી ચૂક્યા હતા. અણુના વિભાજનની બાબતમાં આમેય જર્મનો મોખરે હતા, જ્યારે અમેરિકન સરકારે તે દિશામાં વિચાર પણ કર્યો ન હતો.

વિચાર હજી ઘણો દૂર હોવાની પ્રતીતિ આઇનસ્ટાઇનને પ્રમુખ રૂઝવેલ્ટના પ્રત્યુત્તરે કરાવી દીધી. પ્રત્યુત્તર ટાઢો હતો :

> વ્હાઇટ હાઉસ,
> વૉશિંગ્ટન ડી.સી.
> ઑક્ટોબર ૧૯, ૧૯૩૯
>
> વ્હાલા પ્રોફેસર,
>
> આપના તાજેતરના પત્ર બદલ અને તેમાં સામેલ અત્યંત રસપ્રદ તથા મહત્ત્વપૂર્ણ બીડાણ માટે આભારી છું. વિગતો મને અગત્યની લાગી છે, એટલે મેં એક સમિતિ રચવાનું નક્કી કર્યું છે...
>
> મારા ધન્યવાદ સ્વીકારશો.
>
> આપનો,
> ફ્રેન્કલિન રૂઝવેલ્ટ

ભાષા ઠાવકી હતી, પરંતુ નીચોવો તો અર્થનું ટીપું પણ હાથમાં આવે નહિ. સમિતિ રચવાનો મતલબ એ કે રૂઝવેલ્ટ આઇનસ્ટાઇનના પત્રને (વ્હાઇટ હાઉસના સરનામે પહોંચતા બીજા અનેક પત્રોની જેમ) ટલ્લે ચડાવી દેવા માગતા હતા. 'અત્યંત રસપ્રદ' શબ્દપ્રયોગ પણ અમેરિકાના મુત્સદી પ્રમુખોનો માનીતો હતો. આ શબ્દપ્રયોગનું બિલકુલ શુષ્ક તાત્પર્ય એ કે 'આપના સૂચનમાં મને રસ પડ્યો, પણ મારી સરકારને નહિ.' આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનના ભારોભાર ચેતવણીસૂચક સૂચનમાં અમેરિકન સરકારે રસ લેવાની જરૂર પણ ક્યાં હતી? બીજું વિશ્વયુદ્ધ ઍટલાન્ટિક મહાસાગરની પેલી તરફ યુરોપમાં સળગ્યું હતું. અમેરિકાને તે યુદ્ધ સાથે નિસ્બત ન હતી અને ૧૯૩૦ ના દસકામાં ગજબનાક આર્થિક મંદી વેઠ્યા પછી તે યુદ્ધ નામની બલા સાથે નિસ્બત રાખવા પણ માગતું ન હતું.

પ્રમુખ રૂઝવેલ્ટનો પત્ર વાંચ્યા બાદ આઇનસ્ટાઇને બધું નસીબ પર છોડીને મન વાળી લીધું. અંદરખાને ઉચાટ જો કે પારાવાર હતો. હિટલરની નાઝી સરકારે યુરેનિયમનો અણુબોમ્બ બનાવવાનું કામ વર્નર હાઇઝેનબર્ગને બદલે કોઇ બીજા જર્મન ભૌતિકનિષ્ણાતને સોંપ્યું હોત તો વાત જુદી હતી. હાઇઝેનબર્ગ સામાન્ય ભૌતિકશાસ્ત્રી ન હતો. વિશ્વના સૌથી પ્રતિભાશાળી વિજ્ઞાનીઓમાં આઇનસ્ટાઇન પછી તેનું નામ લેવાતું હતું. અણુની ગતિવિધિ સમજાવતી ક્વૉન્ટમ થિઅરી રજૂ કરીને કમ સે કમ એ બાબતમાં તે આઇનસ્ટાઇન કરતાં સવાયો પુરવાર થયો હતો.

અણુબોમ્બ બનાવવા માટે મોટા જથ્થામાં યુરેનિયમ જોઇએ. આ પુરવઠો મેળવવાનું જર્મની માટે સહેલું હતું. વિશ્વયુદ્ધ ફાટી નીકળ્યું તે પહેલાં માર્ચ, ૧૯૩૯ માં જર્મનીએ યુરેનિયમની ખાણો ધરાવતા ચેકોસ્લોવેકિયાને જીતી લીધું હતું. હાઇઝેનબર્ગે અનેક કિલોગ્રામ યુરેનિયમ માટે ઑર્ડર મૂક્યો, એટલે ટ્રેન મારફત અગ્રીમતાના ધોરણે યુરેનિયમ લાવવાનો નાઝી હુકમ છૂટ્યો. કિલોગ્રામને બદલે ટનના હિસાબે જથ્થો લાવવો પડ્યો, કેમ કે એ પદાર્થ યુરેનિયમ-238 હતો અને બોમ્બ તૈયાર કરવા માટે જરૂર યુરેનિયમ-235 ની હતી. યુરેનિયમ-238 માં રહેલી યુરેનિયમ-235 ની માત્રા ૦.૭૨% જેટલી માંડ હોય, એટલે તે 'સત્ત્વ' કાઢવા માટે સેંકડો





ટન યુરેનિયમ-238 નું શુદ્ધિકરણ કરવું જોઇએ. 'અશુદ્ધ' યુરેનિયમ-238 ની અણુનાભિને તેના પર ન્યૂટ્રોનનો મારો ચલાવીને તોડી ન શકાય, જ્યારે 'શુદ્ધ' યુરેનિયમ-235 ની અણુનાભિ તરત વિભાજન પામે. આ વાત બર્લિનની વિલ્હેમ ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં ઑટો હાન અને ફ્રિટ્ઝ સ્ટ્રાસમાન તેમના પ્રયોગો દ્વારા સિદ્ધ કરી ચૂક્યા હતા.

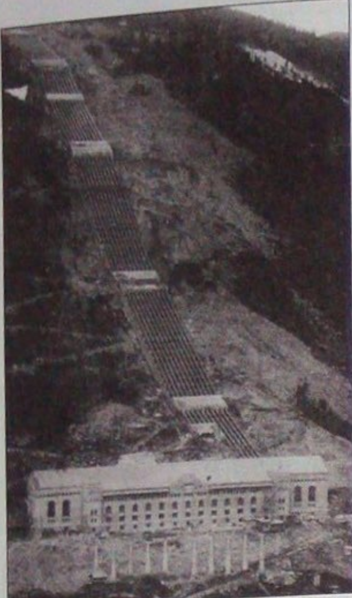
અલબત્ત, ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં તેમણે એકાદ કે બે અણુનાભિને તોડી હતી, જ્યારે હાઇઝેનબર્ગ અબજો જેટલા અણુને તોડતી ચેઇન રિએક્શન સ્થાપિત કરવા માગતો હતો. એક નાભિનું વિભાજન થાય એટલે યુરેનિયમના ૦.૨૧૫૪% પદાર્થ/mass નું ઊર્જા/energy માં રૂપાંતર થતાં પુષ્કળ ઊર્જા છૂટી પડે, બે ન્યૂટ્રોન મુક્ત થાય, એ ન્યૂટ્રોન વધુ બે અણુનાભિને તોડે કે તરત વધુ ઊર્જાનો પ્રવાહ છૂટે અને ત્યાર પછી ફેંકાતા ચાર ન્યૂટ્રોન બીજા ચાર અણુનું વિભાજન કરી ચાર ગણી વધુ ઊર્જાનો ધોધ વહાવી દે. આ રીતે સેકન્ડના માત્ર ૫૦,૦૦, ૦૦,૦૦,૦૦,૦૦,૦૦૦ મા ભાગમાં અબજોના અબજો અણુનું વિભાજન થતાં પારાવાર ઊર્જા $E=mc^2$ ના સૂત્ર મુજબ છૂટી પડી શકે તેમ હતી. આ ક્રમિક છતાં બેહદ ઝડપી ઘટમાળનું જ નામ ચેઇન રીએક્શન.



■ જર્મન ભૌતિકશાસ્ત્રી વર્નર હાઇઝેનબર્ગ, જેણે અણુબોમ્બ બનાવવાનો પહેલો પ્રયોગ હાથ ધર્યો

ચેઇન રીએક્શન સ્થાપવામાં શરત એ છે કે અણુનાભિ પર ન્યૂટ્રોનનો પ્રહાર સહેજ ધીમા વેગે થવો જોઇએ. ઇટાલિના પેલા એનરિકો ફર્મીએ ન્યૂટ્રોનને ધીમા પાડવા માટે બગીચાના હોજનું સાદું પાણી ($H_2O$) વાપર્યું હતું. ન્યૂટ્રોનનો વેગમાન ઘટાડવામાં મુખ્ય રોલ ખુદ પાણીનો નહિ, પણ તેમાં રહેલાં હાઇડ્રોજનના અણુનો હતો. હાઇડ્રોજન સાથે વારંવાર ટકરાયા બાદ ન્યૂટ્રોનની ગતિને અંશતઃ બ્રેક લાગી હતી. ચેઇન રીએક્શન જો કે એટલી ઝડપે થતી હોય કે સાદા પાણીના હાઇડ્રોજન અણુ ન્યૂટ્રોનની તડાફડીને જલદી કાબૂમાં આણી શકે નહિ. આ માટે સાદા પાણીને બદલે ભારે પાણી/heavy water જોઇએ.

બન્ને વચ્ચેનો તફાવત જાણી લો : સામાન્ય હાઇડ્રોજનમાં ૧ પ્રોટોન અને ૧ ઇલેક્ટ્રોન હોય છે. સિમ્પલમાં સિમ્પલ અણુરચના તેની છે. ભારે પાણીની અણુનાભિમાં પ્રોટોન સાથે ન્યૂટ્રોન પણ બિરાજ્યો છે, માટે એ પાણી સ્વાભાવિક રીતે ભારે બન્યું છે. આ જાતનું પાણી કૃત્રિમ પદ્ધતિએ જ સર્જાય એ જરૂરી નથી. વરસાદના, નદી-નાળાંના અને સમુદ્રના પાણીમાં સામાન્ય $H_2O$ ના દર ૬,૫૦૦ રેણુઓ/molecules દીઠ એક રેણુ ભારે પાણીનો હોય છે. મિનરલ વૉટરની બોટલમાં પણ લગભગ એ જ પ્રમાણમાપે તેનું અસ્તિત્વ છે. અણુપ્રક્રિયા માટે


■ નોર્વેનો હેવી વૉટર પ્લાન્ટ, જેને બ્રિટીશ કમાન્ડો સૈનિકોએ સેબોટેજ કર્યો ન હોત તો વિશ્વયુદ્ધનું પરિણામ જુદું આવ્યું હોત

જો કે આવા હેવી વૉટરનો મબલખ પુરવઠો જોઇએ, એટલે તે માટે હેવી વૉટર પ્લાન્ટ નાખવો રહ્યો.

એક પ્લાન્ટ નોર્વેમાં હતો. વિશ્વયુદ્ધ પહેલાં ત્યાં મહિને દહાડે ૧૧ લીટર ભારે પાણી બનતું હતું. હિટલરના લશ્કરે નોર્વેને જીતી લીધા પછી એ પ્લાન્ટ અકબંધ હાલતે જર્મનીના કબજામાં આવ્યો. હાઇઝેનબર્ગની માગણીને અનુસરી નાઝી સરકારે ત્યાંની ઉત્પાદનક્ષમતા વધારીને માસિક ૪૫૦ લીટર કરી નાખી. જૂન, ૧૯૪૨ સુધીમાં તો એ પ્લાન્ટનું ઉત્પાદન માસિક ૩,૧૫૦ લીટરે પહોંચ્યું--અને ત્યાર પછી બ્રિટનની કમાન્ડો ટુકડીએ છાપામાર હુમલા વડે એ પ્લાન્ટને સેબોટેજ કરી નાખ્યો.

બ્રિટિશ સૈનિકોના કમાન્ડો મિશને હાઇઝેનબર્ગના પ્રોજેક્ટમાં અણધારી ફાચર મારી દીધી. અગાઉ તેને શુદ્ધ યુરેનિયમ-235 નો તોટો પડ્યો હતો. આ પદાર્થનો નાનો પિંડ જર્મની ખાતેની અણુભઠ્ઠીમાં મૂક્યા પછી તેણે ન્યૂટ્રોનનો પ્રવાહ ફેંકતો કિરણોત્સર્ગી તત્ત્વનો જાડો સળિયો તેમાં ખૂંપાવ્યો, પણ કશું ન બન્યું. ચેઇન રીએક્શન શરૂ ન થઇ, કેમ કે અણુવિજ્ઞાનની પરિભાષામાં જેને critical mass કહેવાય એ મિનિમમ જથ્થા કરતાં યુરેનિયમનો જથ્થો ઓછો હતો. પરિણામે ન્યૂટ્રોન પરમાણુઓ અણુનાભિના સંપર્કમાં આવ્યા વગર જ નાના જથ્થાની બાહ્ય સપાટી તરફ જેમના તેમ બહાર નીકળી ગયા. વધુ યુરેનિયમ-238 નું શુદ્ધિકરણ કરી યુરેનિયમ-235 મેળવવામાં કેટલાક મહિના વીતી ગયા. એ પછી નોર્વેનો હેવી વૉટર પ્લાન્ટ સેબોટેજ થયો, એટલે બ્રિટનના 'લાભાર્થે' નાઝી અણુબોમ્બ બનાવવાની અને બીજું વિશ્વયુદ્ધ ચપટી વગાડતામાં જીતી લેવાની હિટલરે વિચારેલી યોજના ખોરંભે પડી. બ્રિટનના માથે અણુહુમલાનો ભય તત્પુરતો નાબૂદ થયો.

નવાઇ એ છે કે આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને ૧૯૪૧ માં પ્રમુખ ફ્રેન્કલિન રૂઝવેલ્ટને બીજો પત્ર લખી જર્મન પ્રયોગો અંગે વાકેફ કર્યા છતાં સરકારની તંદ્રા ઊડી ન હતી. આ વખતે રૂઝવેલ્ટે તેના પત્રનો જવાબ સુદ્ધાં ન આપ્યો. હિટલરના જર્મનીમાં આઇનસ્ટાઇનના બાયો-



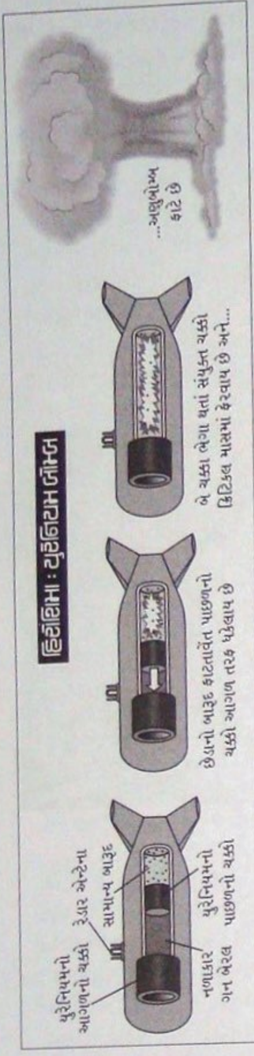


ડેટાનું ઉધાર પાસું એ હતું કે તે યહૂદી હતો. રૂઝવેલ્ટના અમેરિકામાં તેને શંકાની નજરે એટલા માટે જોવાતો કે તે જર્મન હતો. અમેરિકાની નામચીન ગુનાશોધક સંસ્થા ત્યારે જર્મનીથી નાસી આવેલા સૌ નિરાશ્રિતોની ગુપ્ત ફાઇલ રાખતી હતી, જેમાં તેમની ચાલચલગત, રાજકીય વિચારસરણી અને ભૂતકાળ વિશેનો અભિપ્રાય ચીવટપૂર્વક લખવામાં આવતો હતો. ડિસેમ્બર ૭, ૧૯૪૧ ના દિવસે જાપાને અમેરિકા પર બીજું વિશ્વયુદ્ધ ઠોકી બેસાડ્યું અને વળતે દિવસે પ્રમુખ રૂઝવેલ્ટે 'મેનહટન પ્રોજેક્ટ' એવા સાંકેતિક કાર્યક્રમ હેઠળ અણુબોમ્બ બનાવવાની યોજનાને મંજૂરી આપી ત્યારે પ્રસ્તાવ મૂકાયો કે આઇનસ્ટાઇનને તેમાં માર્ગદર્શક તરીકે સામેલ કરવો જોઇએ. પ્રમુખે એફ. બી. આઇ.નો અભિપ્રાય માગ્યો. આ ગુનાશોધક સંસ્થાએ જવાબ મોકલ્યો : 'આઇનસ્ટાઇનના રાજકીય વિચારોને ધ્યાનમાં લેતાં આવો માણસ આટલા ટૂંકા સમયગાળામાં વફાદાર અમેરિકન બન્યો હોય તે સંભવિત નથી. રાષ્ટ્રીય કક્ષાએ સુરક્ષાને લગતા અતિ ગુપ્ત કાર્યક્રમમાં તેને સામેલ કરાય નહિ.'

મેનહટન પ્રોજેક્ટના મુખ્ય નિયામક જનરલ લેસ્લી ગ્રૂવ્ઝે અણુબોમ્બ બનાવવાનો ટેક્નિકલ ચાર્જ છેવટે અમેરિકન ભૌતિકશાસ્ત્રી જે. ઑપનહેઇમરને સોંપ્યો. ન્યૂ યોર્ક શહેરમાં જન્મેલા ઑપનહેઇમરની 'વફાદારી' પ્રત્યે શંકા લાવવાનું કારણ ન હતું. આ ભૌતિકશાસ્ત્રીએ બે જાતના અણુબોમ્બ બનાવવાનું નક્કી કર્યું: પહેલો યુરેનિયમ-235 નો અને બીજો પ્લુટોનિયમ-239 નો. કામ બે ધાગે કરવાનું એટલા માટે નક્કી થયું કે એક બોમ્બ રખે આઇનસ્ટાઇનની ફોર્મ્યુલા મુજબ ન વર્તે અને બાતલ જાય તો જુદી રચનાવાળો બીજો અણુબોમ્બ કદાચ ધાર્યા મુજબનું કાર્ય બજાવે --એટલે કે બેય અણુબોમ્બ નકામા ઠરે એવું સામાન્ય રીતે ન બને.


■ મેનહટન પ્રોજેક્ટનો નિયામક જનરલ લેસ્લી ગ્રૂવ્ઝ (ડાબે) અને પ્રોજેક્ટનો મુખ્ય વિજ્ઞાની જે. ઑપનહેઇમર

બારૂદના પરંપરાગત બોમ્બ કરતાં સાવ જુદી રચનાનો અણુબોમ્બ તૈયાર કરવાનો હોય ત્યારે કાર્યપ્રણાલિની દ્રષ્ટિએ અનેક પ્રશ્નો ખડા થાય, માટે ઑપનહેઇમરની ટીમે સૌ પહેલાં તેમને હલ કરવા પડ્યા. એક દ્રષ્ટાંત : વિશાળ અણુભઠ્ઠીમાં નિયંત્રિત ચેઇન રીએક્શન ચલાવતી વખતે ન્યૂટ્રોનને ધીમા પાડવા માટે ભારે પાણી મબલખ જથ્થામાં વાપરી શકાય, પરંતુ અણુબોમ્બમાં ચેઇન રીએક્શન અનિયંત્રિત હોવાને લીધે પ્રચંડ ગરમી જોતજોતામાં એ પાણીને ઉકળતું અને બાષ્પીભવન પામતું કરી દે. ટૂંકમાં, ન્યૂટ્રોનના 'મોડરેટર' તરીકે ભારે પાણી ન ચાલે.




ઑપનહેઇમરની ટીમે તેને બદલે ગ્રેફાઇટનું આવરણ વાપરવાનું નક્કી કર્યું.

બીજું દ્રષ્ટાંત : યુરેનિયમ-235 ના ક્રિટિકલ માસ ગણાતા જથ્થામાં હવાનો એકાદ ન્યૂટ્રોન પણ રખે મારો ચલાવી બેસે તો એ પદાર્થ ભસ્માસુર અગનગોળામાં ફેરવાય, માટે યુરેનિયમ-235 ના જથ્થાને બે ભાગે વહેંચી દેવામાં આવ્યો. બન્ને ટુકડા ક્રિટિકલ માસ કરતાં નાના કદના બન્યા. પરિણામે આકસ્મિક ચેઇન રીએક્શન પેદા થવાનું જોખમ ન રહ્યું. નિષ્ણાતોએ એક ટુકડાની પાછલી તરફ સામાન્ય બારૂદનો ચક્કો ગોઠવ્યો. આ બારૂદની જામગરી ચંપાતા તે ફાટે અને ટુકડાને ગન બેરલ (પોલા નાળચા) દ્વારા સામેના ટુકડા તરફ ધકેલી દે, એટલે ક્રિટિકલ માસ સર્જાતાં ચેઇન રીએક્શનને લીધે અણુબોમ્બ તરત વિસ્ફોટ પામે. ડાબી આકૃતિ જુઓ.

ત્રીજું દ્રષ્ટાંત : પ્લુટોનિયમ-239 ની તકલીફ જુદી છે. આ પદાર્થના બે ટુકડા ક્રિટિકલ માસ સર્જવા માટે ભેગા મળે તેની ક્ષણવાર પહેલાં જ તેઓ પરસ્પરના સાન્નિધ્યને કારણે પ્રવાહીમાં કે વાયુમાં રૂપાંતરિત થવા માંડે છે. ચેઇન રીએક્શન ત્યાર બાદ શરૂ જ ન થાય, એટલે બોમ્બ ફાટતો નથી. આ સમસ્યાનો તોડ ઑપનહેઇમરે જુદી રીતે કાઢ્યો. પ્લુટોનિયમ-239 નો ઓછી ઘનતાનો ચક્કો બોમ્બમાં મૂકવાનું નક્કી કર્યું. ઘનતા ઓછી હોય, માટે એ પદાર્થ ક્રિટિકલ માસનું શરતપાલન કરે નહિ. આ ચક્કાની ફરતે બધી તરફ સામાન્ય બારૂદની લૂગદી ભરી દેવાય તો એ બારૂદનો વિસ્ફોટ કેન્દ્રગામી દબાણ કરી તેમજ ચક્કાને ભીષણ રીતે સંકોચી તેને ક્રિટિકલ માસમાં ફેરવી નાખે. (જુઓ, *સામેના પાને આકૃતિ.*) એ પછી ગ્રેફાઇટ દ્વારા 'મોડરેટ' થતો ન્યૂટ્રોનનો પ્રહાર તેમાં અનિયંત્રિત ચેઇન રીએક્શન શરૂ કરી દે.

આ બધા પ્રશ્નો હલ કરવામાં સાડા ત્રણ વર્ષ નીકળી ગયાં. પ્રશ્નો બરાબર ઉકલ્યા કે કેમ તેની પ્રત્યક્ષ ખાતરી કરવા ઑપનહેઇમરના નિષ્ણાતોએ પહેલો યુરેનિયમ બોમ્બ જુલાઇ ૧૬, ૧૯૪૫ ના રોજ ન્યૂ મેક્સિકો રાજ્યના નિર્જન



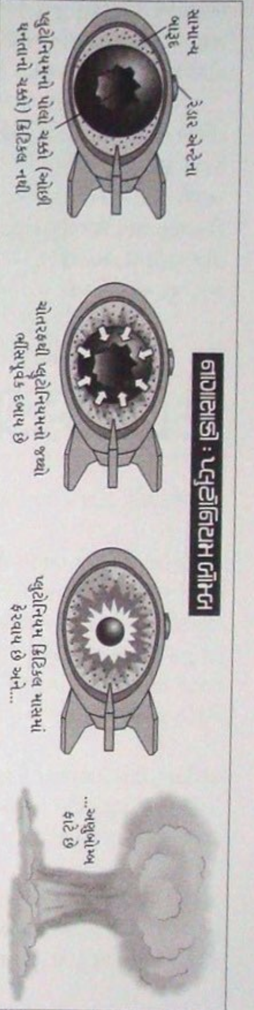


પ્રદેશમાં દાગ્યો. બીજે જ મહિને અમેરિકાના નવા પ્રમુખ હેરી ટ્રુમને જાપાનનું નિશાન તાક્યું, કેમ કે અમેરિકાને હિટલરના જર્મની કરતાં વિશેષ અદાવત જાપાન સાથે હતી. 'લીટલ બૉય' તરીકે ઓળખાતા ૧૦ ફીટ લાંબા, ૨ ફીટ પહોળા અને ૪.૫ ટન વજનના યુરેનિયમ બોમ્બને અમેરિકાના બી-૨૯ વિમાને હિરોશિમાના આકાશમાં પેરેશૂટ વડે ઑગસ્ટ ૬, ૧૯૪૫ ના રોજ મુક્ત કર્યો. બોમ્બના આવરણની બહારના ભાગમાં રેડાર એન્ટેના હતી. એન્ટેનાએ બરાબર નીચે આવેલી શિના હોસ્પિટલના મકાન તરફ રેડારમોજાં મોકલવાં શરૂ કર્યાં અને તેમનું પરાવર્તન થવામાં લાગતો સમય માપી તેના આધારે ઊંચાઇનું માપ કાઢ્યું. ઊંચાઇ બરાબર ૧,૮૫૦ ફીટ (૫૬૪ મીટર) રહી ત્યારે બોમ્બમાં અંદરખાને સામાન્ય બારૂદનો પલીતો ચંપાયો, બોમ્બના પાછળના ભાગમાં રહેલો યુરેનિયમ-235 નો ચક્કો ગન બેરલ દ્વારા આગળ તરફ ધકેલાતાં જેવો ક્રિટિકલ માસ સર્જાયો કે તરત ન્યૂટ્રોનનો પ્રવાહ છૂટ્યો. આશરે ૫,૦૦૦° સેલ્શિયસના તાપમાને થયેલા પ્રચંડ ધડાકાએ હિરોશિમા શહેરને જોતજોતામાં ખેદાનમેદાન કરી નાખ્યું.

*■ મશરૂમ ક્લાઉડ તરીકે ઓળખાતું કિરણોત્સર્ગી વાદળ, જેણે નાગાસાકી શહેરને બરબાદ કરી દીધું*



ત્રણ દિવસ પછી ઑગસ્ટ ૯, ૧૯૪૫ ના રોજ નાગાસાકીના આકાશમાં 'ફેટ મેન'ના હુલામણા નામે જાણીતા પ્લુટોનિયમ-239

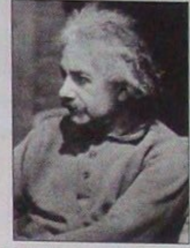


અણુબોમ્બે તે તાંડવનું પુનરાવર્તન કર્યું. આ બન્ને હુમલામાં ૮૦,૦૦૦ કરતાં વધુ લોકો માર્યા ગયા. એક લાગણીપ્રધાન અમેરિકન પાયલટ મશરૂમ જેવા વાદળનું રૌદ્ર સ્વરૂપ જોયા પછી બોલી પડ્યો : 'ઓહ ભગવાન ! આપણે શું કરી નાખ્યું!'

અણુબોમ્બના પ્રહારે જે અનર્થ કર્યો હોય તે ખરો, પરંતુ વિગ્રહને બદલે નર્યા વિજ્ઞાનની દ્રષ્ટિએ જોવા બેસો તો આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનની ૪૦ વર્ષ જૂની $E=mc^2$ ફોર્મ્યુલાને તેણે સાર્થક કરી હતી. સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી પણ યથાર્થ હોવાનો વધુ એક પુરાવો આપ્યો હતો. અફસોસની વાત હોય તો એટલી કે પુરાવાના બહાને જાપાનનાં બે શહેરોમાં વિનાશનું તાંડવ ભજવાયું હતું--અને માનવજાતને તેના નૈતિક અધઃપતન સુધી પહોંચાડવામાં લીઝ માઇટનર, ઑટો હાન, ફ્રિટ્ઝ સ્ટ્રાસમાન, એનરિકો ફર્મી, નીલ્સ બોહ્ર, જે. ઑપનહેઇમર અને ખુદ આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને પણ જાણતા કે અજાણતા નિમિત્ત બનવું પડ્યું હતું.■



6



# જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી

**આ** પ્રકરણમાં જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો પરિચય મેળવતા પહેલાં સ્પેશ્યલ થિઅરીનું રાઉન્ડ-અપ :

■ બ્રહ્માંડ ચાર પરિમાણોનું બનેલું છે. ત્રણ પરિમાણો સ્પેસના છે; ચોથું ટાઇમનું છે. સ્પેસ અને ટાઇમ જુદાં નથી. સ્પેસટાઇમ તરીકે એકમેક સાથે તેઓ વણાયેલા છે. દરેક ગતિશીલ પદાર્થ સ્પેસટાઇમના ચારેય પરિમાણોમાં પ્રવાસ કરે છે. ફૂટપાથની કોરે પાર્ક થયેલી મોટરકાર જેવો સ્થિર પદાર્થ ફક્ત ટાઇમના ડાયમેન્શનમાં ગતિ કરે છે, પણ એ મોટરકાર દોડવાનું શરૂ કરે એટલે તે ગતિમાંથી અમુક ગતિ સ્પેસના ડાયમેન્શનમાં ટ્રાન્સફર થાય છે. પ્રકાશની ૧૦૦% ગતિ સ્પેસના ડાયમેન્શનમાં છે, એટલે ટાઇમના ડાયમેન્શનમાં તેની ગતિ શૂન્ય છે. આ દ્રષ્ટિએ પ્રકાશકિરણો માટે સમય હંમેશા સ્થગિત રહે છે.

■ પ્રકાશની ગતિ અફર છે. પ્રકાશના સ્રોતની ગતિ પર તે અવલંબતી નથી. અંતરિક્ષયાનની ઝડપ સેકન્ડના ૨ કિલોમીટર હોય કે ૨૦,૦૦૦ અથવા ૨,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર, પરંતુ તેની હેડલાઇટમાંથી નીકળતા પ્રકાશનો વેગ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર રહે છે. આમાં ફરક પડતો નથી. અંતરિક્ષયાન રિવર્સમાં જતું હોય ત્યારે પણ નહિ.

■ ઝડપ વધે તેમ સ્પેસનું (અંતરનું) સંકોચન થાય છે. પ્રકાશવેગના ૮૦% ઝડપે ૮ પ્રકાશવર્ષ છેટેના તારાની મુલાકાતે જતા પૃથ્વીના યાન માટે તે અંતર ઘટીને ૪.૮ પ્રકાશવર્ષનું થાય છે એટલું જ નહિ, પણ યાન પોતે ૬૦% જેટલું સંકોચન પામે છે. ટૂંકમાં, સ્થિર ફૂટપટ્ટી કરતાં ગતિશીલ ફૂટપટ્ટી ટૂંકી હોય છે.

■ પૃથ્વી પર સમયની જે રફતાર છે તે અંતરિક્ષમાં નથી. પદાર્થની ઝડપ પ્રમાણે સમયનું વહેણ ધીમું કે ધીમાની સાપેક્ષે ઝડપી હોય છે. ઝડપ વધે તેમ સમય ધીમો પડે છે.

■ ઊર્જા અને પદાર્થ વચ્ચે તફાવત નથી. એક જ 'વસ્તુ'ના તેઓ બે જુદાં સ્વરૂપો છે, માટે આઇનસ્ટાઇનની $E=mc^2$ ફોર્મ્યુલા મુજબ પદાર્થ ઊર્જામાં અને $m=E/c^2$ મુજબ ઊર્જા પદાર્થમાં ફેરવાય છે.

■ પ્રકાશ કરતાં વધુ ઝડપે પ્રવાસ કરવાનું શક્ય નથી, કેમ કે સ્પીડ જેમ વધતી રહે તેમ એ વધારા માટે અપાતી વધુ ને વધુ ઊર્જા mass/પદાર્થમાં ફેરવાય છે. અંતે પ્રકાશવેગને આંબી લેવા માટે અમાપ/infinite ઊર્જાની જરૂર પડે છે--અને ત્યાં વાત અટકી પડે છે.

આ તારણોનો સરવાળે અર્થ એ કે આઇનસ્ટાઇને સ્પેશ્યલ થિઅરીમાં કલ્પેલા બ્રહ્માંડનું સ્વરૂપ આપણા રોજિંદા અનુભવ કરતાં બહુ જુદું છે અને તેમાં સમયનો તથા અંતરનો માપદંડ સંજોગો પ્રમાણે બદલાય છે. અંતર/space તથા સમય/time બન્ને સાપેક્ષ છે. નિરપેક્ષ હોય તો બ્રહ્માંડના શૂન્યવાકાશમાં માત્ર પ્રકાશનો વેગ, જે સેકન્ડના ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરે (સચોટ આંકડો : ૨,૯૯,૭૯૨.૪૫૮) હંમેશ માટે અફર છે.

આઇનસ્ટાઇને ૧૯૦૫ માં રચેલી સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી સો ટચની હોવા છતાં એક બાબતમાં પરિપૂર્ણ ન હતી. ગુરુત્વાકર્ષણના સર્વવ્યાપી પરિબળને તેણે એ થિઅરીમાં સામેલ કર્યું ન હતું. ખરૂં પૂછો તો એવી જરૂર પણ ન હતી, કેમ કે પ્રકાશનો અફર વેગ સ્પેશ્યલ થિઅરીમાં કેન્દ્રસ્થાને હતો અને સાપેક્ષવાદનો નિયમ આઇનસ્ટાઇન માત્ર પ્રકાશવેગને અનુલક્ષી ગૂંથી રહ્યો હતો. આમ છતાં આઇઝેક ન્યૂટને આપેલા ગુરુત્વાકર્ષણના નિયમ સાથે જ્યારે સાપેક્ષવાદના નિયમનો મેળ ન બેઠો ત્યારે આઇનસ્ટાઇને સર્વગ્રાહી એવી જનરલ થિઅરી ઘડવાનો વખત આવ્યો. ગુરુત્વાકર્ષણને કેન્દ્રમાં રાખી આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને ૧૯૧૫માં જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી કહેવાતો સાપેક્ષવાદનો જે બીજો સિદ્ધાંત ઘડી કાઢ્યો તેનું વર્ણન શક્ય એટલી સરળ ભાષામાં રજૂ કર્યું છે.

■



એક પ્રસંગ છે. અક્ષરશઃ કાલ્પનિક છે, છતાં સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી રજૂ કર્યા પછી આઇનસ્ટાઇનના મગજમાં ચાલેલા મનોમંથનને સમજવામાં (અને ત્યાર બાદ તેણે ઘડી કાઢેલી જનરલ થિઅરીને પણ સમજવામાં) કામ લાગે તેવો છે.

એક વાર આઇનસ્ટાઇન માટે આખો દિવસ ખરાબ વીત્યો છે. દિવસ તેનો જન્મદિન હોવા છતાં નિકટના મિત્રોએ તે યાદ રાખી શુભેચ્છાના સંદેશા કે ગુલદસ્તા મોકલ્યા નથી. બપોરે ફૂટબોલની મેચમાં તેની માનીતી ટીમ પાંચ વિરૂદ્ધ એક ગોલે હારી છે. સાંજે મેથેમેટિકલ ફોર્મ્યુલાઓ લખતી વખતે શાહીનો ખડિયો ઢોળાતાં મહામહેનતે







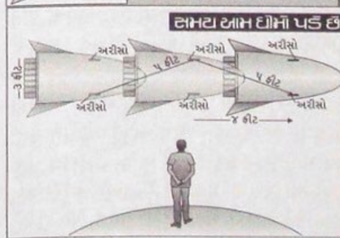

તૈયાર કરેલું બધું લખાણ બાતલ ગયું છે. રાત સુધીમાં તદન મૂડલેસ બનેલો આઇનસ્ટાઇન છેવટે મન બહેલાવવા સમુદ્રતટે જાય છે, નાની હોડીમાં બેસે છે અને માછલાં પકડવા નીકળે છે. ફિશિંગનો તેને ભારે શોખ છે, પરંતુ એ શોખ પણ આજના

## એક નજર આ તરફ

આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને રજૂ કરેલી સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનું બયાન અગાઉના પ્રકરણોમાં પૂરૂં થઈ ચૂક્યું, આમ છતાં અહીં તાજા કલમ તરીકે આઇનસ્ટાઇનનો 'થૉટ એક્સ્પરિમેન્ટ' નોંધવા જેવો છે. ઝડપ વધે તેમ સમય ધીમો શા માટે પડે તેનો ખુલાસો એમાં મળે છે.

એક ચીલઝડપી રોકેટયાન કલ્પી લો. (આ કલ્પના આઇનસ્ટાઇને પણ કરી હતી.) યાનની ફરસ પર અને છત પર સામસામા બે અરીસા જડેલા છે, જેમની વચ્ચે ૩ ફીટનું અંતર છે. બન્ને અરીસા લાઇટ ક્લૉક વડે સજ્જ છે. પ્રકાશનું કિરણ અરીસા સાથે ટકરાય એ જ વખતે લાઇટ ક્લૉક એટલે કે પ્રકાશકિરણનું આગમન ઝીલતી ઘડિયાળ 'ટિક' નોંધે છે. પ્રકાશની ઝડપ પ્રતિસેકન્ડે ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટર અર્થાત્ ૧ અબજ ફીટ છે; એટલે કે દર નાનોસેકન્ડે ૧ ફીટ છે. (નાનોસેકન્ડ = સેકન્ડનો અબજમો ભાગ.) બે અરીસા વચ્ચેનું અંતર ૩ ફીટ હોવાને લીધે દેખીતું છે કે સામસામા અરીસાના પ્રકાશને એકબીજા સુધી પહોંચતાં ૩ નાનોસેકન્ડ લાગે. રોકેટયાનમાં બેઠેલો યાત્રી પોતાની ઘડિયાળ મુજબ ૩ નાનોસેકન્ડનો જ સમય માપે એ પણ દેખીતી વાત છે.

માનો કે રોકેટયાન પ્રકાશવેગના ૮૦% જેટલી ઝડપે પ્રવાસ ખેડતું હોય તો ધરતી પર રહી તેને અવલોકતો નિરીક્ષક યાનની અંદર પ્રકાશની આવનજાવનને કયા સ્વરૂપે જુએ ? રોકેટયાનની ઝડપ બેસુમાર છે, એટલે પ્રકાશનો શેરડો તેના માટે ઊભી લીટીમાં ઉપરનીચે થતો નથી. શેરડો વાંકોચૂંકો માર્ગ પકડે છે, કેમ કે અરીસા આગળ તરફ ખસી રહ્યા છે. નીચેના અરીસાનું કિરણ ઉપરના અરીસાને મળે એ દરમ્યાન ઉપરનો અરીસો સહેજ આગળ ખસી ચૂક્યો હોય છે. આથી શેરડો ત્રાંસી લીટીમાં તેને પહોંચતો જણાય છે. એ જ રીતે 'ટિક' નોંધાવ્યા પછી રિબાઉન્ડ થતો શેરડો ફરી ત્રાંસી લીટી આંકી નીચેના અરીસાને મળે છે. બન્ને ત્રાંસા માર્ગો ૩ ફીટ કરતાં લાંબા છે. ધરતી પરના નિરીક્ષકની દ્રષ્ટિએ ૫ ફીટના છે. આથી તેની ઘડિયાળ ત્રણને બદલે પાંચ નાનોસેકન્ડે 'ટિક' નોંધે છે. નિરીક્ષકની ઘડિયાળ કરતાં રોકેટયાત્રીની ઘડિયાળ ૪૦% જેટલી ધીમી ચાલે છે.




આઇનસ્ટાઇનનો 'થૉટ એક્સ્પરિમેન્ટ' નર્યો દ્રષ્ટિભ્રમ છે એવું માનતા નહિ, કારણ કે રોકેટયાત્રીની બાયોલોજિકલ ક્લૉક પણ ૪૦% ધીમી પડી જાય છે. દા. ત. લાઇટ ક્લૉકને બદલે હાર્ટ ક્લૉક જેવું તેનું હૃદય એટલા પ્રમાણમાં ઓછા ધબકારા કરે છે અને શારીરિક કોષોની જૈવિક ક્રિયા પણ તે મુજબ ધીમી રાહે ચાલે છે. પરિણામે લાંબી યાત્રા ખેડીને એ રોકેટયાત્રી પચ્ચીસ વર્ષે પાછો ધરતી પર આવે ત્યારે તેની વયમાં ૧૫ વર્ષ જેટલો વધારો થયો હોય અને ધરતીવાસી નિરીક્ષકની વયમાં ૨૫ વર્ષનો.

આ મુદ્દો પચવામાં સહેજ ભારે જણાય તેનું કારણ એ કે આપણે સમયની રફતારને પૃથ્વીના માહોલ વચ્ચે મૂલવવાને ટેવાયેલા છીએ. પૃથ્વીની બહાર અવકાશમાં બધે સમય એકસરખી ઝડપે વહેતો નથી. સમય ત્યાં સાપેક્ષ છે. ઝડપ વધે એમ તે ધીમો પડે છે એટલું જ નહિ, બલકે ઝડપના વધવા સાથે અંતર પણ સંકોચાય છે.■

મનહૂસ દિવસે પૂરો થવાનો નથી. રંગમાં ભંગ પાડે તેવું કશુંક પણ અંતે બનીને રહેવાનું છે.

અજવાળી રાત છે. માથા ઉપર ચંદ્રનો ગોળો તેના સંપૂર્ણ તેજે પ્રકાશે છે અને તેના ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે કિનારા પાસે ભરતીનો ઉભરો ચડ્યો છે. ચંદ્ર ન હોત તો ભરતી ન હોત અને ભરતી ન હોત તો કિનારાનો પટ ખુલ્લો પડ્યો હોત, પરંતુ અત્યારે ત્યાં આઈનસ્ટાઈનની હોડીને મહાલતી રાખવા માટે લગભગ માથોડાભર પાણી છે. કુદરતનો નજારો માણ્યા બાદ આઈનસ્ટાઈન ફિશિંગની શરૂઆત કરે એ પહેલાં બાહ્યાવકાશમાંથી અચાનક ટીખળખોર એવા બુદ્ધિશાળી જીવોનું મહાકાય અંતરિક્ષયાન ચંદ્ર નજીક ટપકી પડે છે અને તે ગોળાને હાઈ-એનર્જી શેરડો ફટકારી તેને જોતજોતામાં દૂધગંગાના બીજા ખૂણે મોકલી આપે છે. ઘડીકવાર બાદ પૃથ્વીના અવકાશમાં ચંદ્રનું અસ્તિત્વ રહેતું નથી. બુદ્ધિશાળી જીવો આઈનસ્ટાઈન માટે દિવસની જેમ રાતની મજા પણ બગાડી નાખે છે.

ચંદ્ર અદ્રશ્ય થયા પછી એ બનાવના રિઝલ્ટરૂપે સૌ પ્રથમ શું બને ? આઈઝેક ન્યૂટન જો સાચો હોય તો એ જ ક્ષણે ભરતીનાં પાણી ઓસરવા માંડે અને સહેલગાહે નીકળેલા આઈનસ્ટાઈનની હોડી કિનારાના તળિયે છીતી જાય, પરંતુ ચાંદનીને અંધકારમાં ફેરવાતાં થોડીક વાર લાગે. આનું કારણ એ કે ચંદ્રપ્રકાશનાં કિરણો દોઢ સેકન્ડે પૃથ્વી સુધી પહોંચે છે, માટે ચંદ્ર અદ્રશ્ય થયો તેની ૧.૫ સેકન્ડ અગાઉ જે કિરણો પૃથ્વી તરફ નીકળ્યાં હોય તેમની ચાંદનીનો લાભ પૃથ્વીને મળવો રહ્યો. સ્વાભાવિક અને દેખીતી વાત છે. વિરોધાભાસ હોય તો એ વાતનો કે ચંદ્રનો છેલ્લો પ્રકાશ અહીં પૃથ્વી સુધી પહોંચે તેની ૧.૫ સેકન્ડ પહેલાં સમુદ્રને ખબર પડી જાય છે કે હવે પૃથ્વીના અવકાશમાં ચંદ્ર નથી. ઈન્સ્ટન્ટ ધોરણે તેને એ માહિતી પ્રાપ્ત થાય છે. કોઈ માહિતી પ્રકાશ કરતાં વધુ ઝડપે પહોંચે એ સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી મુજબ શક્ય નથી. બ્રહ્માંડમાં પ્રકાશનો વેગ આખરી તેમજ અફર સ્પીડ લિમિટ છે. સ્પેશ્યલ થિઅરી જો સાચી હોય તો ચંદ્રનું ગુરુત્વાકર્ષણ નાબૂદ થયાની માહિતી પ્રકાશનાં કિરણોને ઑવરટેક કરી દોઢ સેકન્ડ વહેલી કેમ પહોંચે ?

આ સવાલે આઈનસ્ટાઈનને મૂંઝવણમાં નાખી દીધો. ન્યૂટને આપેલો ગુરુત્વાકર્ષણનો સિદ્ધાંત તેની સ્પેશ્યલ થિઅરી સાથે ટકરાતો હતો. ગુરુત્વાકર્ષણના પરિબળને તેણે ૧૯૦૫ ની સ્પેશ્યલ થિઅરીમાં બાકાત રાખેલો, માટે એ વખતે તો ટકરાવ થવાનો પ્રશ્ન નહોતો જાગ્યો અને થિઅરીનું બીજું દરેક પાસું (ગુરુત્વાકર્ષણના પરિબળની ગેરહાજરીમાં) પોતાની રીતે યથાર્થ પુરવાર થયું હતું. બીજી તરફ એ પણ દેખીતી વાત કે ગુરુત્વાકર્ષણને પોતાના દાયરાની બહાર રાખતી થિઅરી પરિપૂર્ણ ગણાય નહિ. આ પરિબળને ધ્યાનમાં લેવું જોઈએ અને તેના સંદર્ભમાં બ્રહ્માંડના સ્પેસટાઈમને (અંતરને તથા સમયને) સાપેક્ષ પુરવાર કરતી બીજી સર્વગ્રાહી થિઅરી ઘડવી જોઈએ. આ કામ ન થાય ત્યાં લગી સાપેક્ષવાદનું ચિત્ર અધૂરૂં રહેવાનું હતું; એટલે ૧૯૦૫ પછી આઈનસ્ટાઈને તે દિશામાં મનોમંથન શરૂ કરી દીધું. કાર્ય મુશ્કેલ હતું. ન્યૂટને મેથેમેટિકલ ફોર્મ્યુલાઓ સાથે ઘડેલા ગુરુત્વાકર્ષણના મૂળભૂત સિદ્ધાંતો તસુએ તસુ સાચા ઠર્યા હતા. વિજ્ઞાનીઓએ તેમને પ્રેક્ટિકલ રીતે ચકાસી જોયા હતા. ઉપગ્રહથી માંડીને



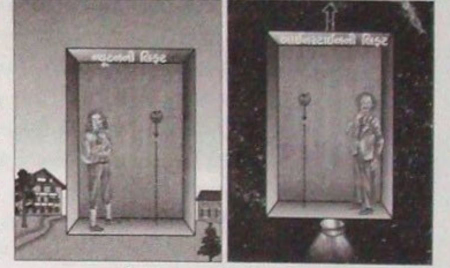


રોકેટના પ્રવાસ અને ગ્રેવિટી ડેમના બાંધકામ સુધીનો ગમે તે દાખલો તપાસો, પણ ન્યૂટનના સિદ્ધાંતો તેમાં ડંકે કી ચોટ પર લાગુ ન પડ્યા હોય એવું ન બને. આ રહ્યો સિદ્ધાંતનો ટૂંકસાર :

■ બ્રહ્માંડનો દરેક પદાર્થ તેના ગુરુત્વાકર્ષણ વડે બીજા દરેક પદાર્થને આકર્ષે છે અને મૂળભૂત રીતે ગુરુત્વાકર્ષણ કેટલું હોય તેનો આધાર પદાર્થના દળ પર રહે છે. સૂર્યએ પોતાના ગુરુત્વાકર્ષણ વડે પૃથ્વીને જકડી રાખી છે. પૃથ્વી એ પ્રમાણે ચંદ્રને પોતાની આસપાસ ફેરવે છે.

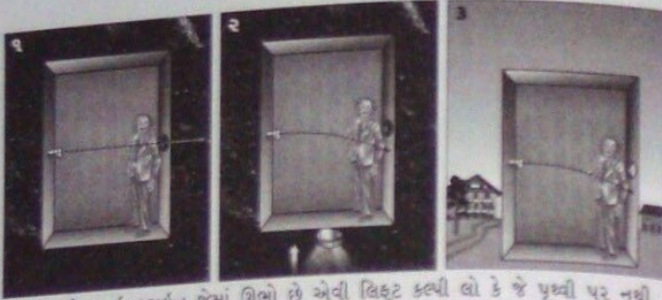
■ એક પદાર્થનું ગુરુત્વાકર્ષણ બીજા પદાર્થને કેટલી અસર કરે તે બન્ને પદાર્થો વચ્ચેના અંતર પર અવલંબે છે. અંતર બેવડાય તો ગુરુત્વાકર્ષણ ચોથા ભાગનું થાય છે. અંતર ઘટીને અડધું થાય તો ગુરુત્વાકર્ષણ વધીને ચાર ગણું થાય છે.

■ ગુરુત્વાકર્ષણ એ દરેક પદાર્થનો અંતર્ગત ગુણધર્મ છે. પદાર્થની અંદર જ એવું પરિબળ છે કે જે બીજા પદાર્થને આકર્ષ્યા વિના રહેતું નથી. આ પરિબળ બીજા પદાર્થને વળી ઈન્સ્ટન્ટ રીતે અસર કરે છે, જેનો મતલબ એ કે સરેરાશ ૧૪ કરોડ કિલોમીટર છેટેનો સૂર્ય અચાનક જો અદ્રશ્ય થાય તો એ જ ક્ષણે મુક્ત થયેલી પૃથ્વી તેની સૂર્ય ફરતેની ગોળાકાર ભ્રમણકક્ષા તજીને સીધી લીટીમાં દૂર જવા લાગે. એ જ રીતે ચંદ્ર અદ્રશ્ય થાય તો તેના ગુરુત્વાકર્ષણને લીધે સમુદ્રમાં આવેલી ભરતીનાં પાણી તત્કાળ ઓસરવા લાગે.




ન્યૂટને સિદ્ધાંતો જરૂર આપ્યા, પરંતુ ગુરુત્વાકર્ષણ શું છે એ તેણે કદી ન સમજાવ્યું અને ખુદ પણ કદી ન સમજ્યો. 'આ મુદ્દો હું મારા વાચકો પર છોડી દઉં છું.' એમ લખી તેણે સંતોષ માન્યો. પરિણામે લગભગ અઢીસો વર્ષ સુધી અનેક પ્રશ્નો અનુત્તર રહ્યા. પદાર્થમાં ગુરુત્વાકર્ષણનું પરિબળ આવ્યું ક્યાંથી? આ પરિબળ કયા માધ્યમ દ્વારા પોતાની અસર બીજા પદાર્થ સુધી પહોંચાડે છે? બે પદાર્થો વચ્ચે પ્રત્યક્ષ સંપર્ક હોતો નથી, છતાં અસર કેમ થાય છે? ગુરુત્વાકર્ષણ પોતે વાસ્તવમાં શું છે ?

આ પ્રશ્નોના જવાબો મેળવવા આઈનસ્ટાઈને પોતાની આદત મુજબ એક 'થૉટ એક્સ્પરિમેન્ટ' કર્યો, જેનું વર્ણન અહીં થોડી જુદી રૂપરેખા સાથે વાંચો : આઈઝેક ન્યૂટન બહુમાળી મકાનની એવી સ્થિર લિફ્ટમાં ઊભો છે કે જેની બહાર જોવા માટે ગુંજાશ નથી. (જુઓ, *ઉપરનો ડાયાગ્રામ.*) લિફ્ટને હવાબારી નથી અને તેનો દરવાજો પણ ખુલ્લો નથી. ન્યૂટનને જો કે પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણનો અનુભવ થાય છે. પગના તળિયે દબાણ વરતાય છે. આ સંજોગો વચ્ચે ન્યૂટન તેના હાથમાં રહેલા સફરજનને ઊંચેથી પડતું મૂકે છે. ન્યૂટને જ આપેલા સિદ્ધાંત પ્રમાણે એ સફરજન પ્રતિસેકન્ડે સેકન્ડના ૩૨ ફીટનો પ્રવેગ હાંસલ કરતું નીચે પડે છે, કેમ કે પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ તેને પોતાની તરફ ખેંચે છે. સિદ્ધાંત બિલકુલ સાચો હોવાનું પૂરવાર થાય છે.




હવે આઇનસ્ટાઇન જેમાં ઊભો છે એવી લિફ્ટ કલ્પી લો કે જે પૃથ્વી પર નથી. બાહ્યાવકાશમાં છે, જ્યાં આસપાસમાં ક્યાંય ગ્રહો કે તારા જેવા અવકાશી પદાર્થો નથી. પરિણામે તેમના ગુરુત્વાકર્ષણનો પ્રભાવ ત્યાં વરતાતો નથી. હાથમાં સફરજન પકડીને ઊભેલો આઇનસ્ટાઇન પોતે વજનહીન દશા અનુભવી રહ્યો છે. પગના તળિયે દબાણ જણાતું નથી. લિફ્ટ નીચે ગોઠવેલું રોકેટએન્જિન ત્યાર પછી ચાલુ થાય ત્યારે આઇનસ્ટાઇન તેના હાથમાં રહેલા સફરજનને ન્યૂટનની જ સ્ટાઇલમાં પડતું મૂકે છે. (જુઓ, *પાછળના પાને ડાયાગ્રામ.*) આઇનસ્ટાઇનની લિફ્ટ પ્રતિસેકન્ડે સેકન્ડના ૩૨ ફીટનો પ્રવેગ હાંસલ કરતી ઊંચે ચડે છે— અર્થાત્ ગુરુત્વાકર્ષણના પરિબળની તે 'કોપી' મારે છે. આ પરિબળ સક્રિય હોવાનો આભાસ ખડો કરે છે. ગુરુત્વાકર્ષણના વાસ્તવિક પરિબળની ગેરમોજૂદગીમાં સફરજન દેખીતી રીતે વજનહીન રહેવું જોઇએ; એટલે કે જ્યાં તેને મુક્ત કરાયું એ જ લેવલે અદ્ધર ટકી રહેવું જોઇએ. પરંતુ એવું બનતું નથી. સફરજન પ્રતિસેકન્ડે સેકન્ડના ૩૨ ફીટના પ્રવેગ સાથે નીચે આવી લિફ્ટની ફરસ સાથે ટકરાય છે.

આઇનસ્ટાઇનને તથા ન્યૂટનને થયેલા અનુભવો વચ્ચે ફરક શો ? કોઇ ફરક નથી. બત્રીસ ફીટનો આંક જો બરાબર જળવાયો હોય તો ચોતરફ બંધ એવી લિફ્ટમાં રહેલો આઇનસ્ટાઇન પામી ન શકે કે પોતે એટલા પ્રવેગનો અનુભવ કરી રહ્યો છે કે પછી ગુરુત્વાકર્ષણનો એટલો જ પ્રભાવ જન્માવતી પૃથ્વી પરની સ્થિર લિફ્ટમાં ઊભો છે. કોઇ જાતનો ફરક તેને જણાય નહિ. એ જ રીતે સીલબંધ લિફ્ટમાં ઊભેલો ન્યૂટન કદી પામી ન શકે કે તેને પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ વરતાય છે કે પ્રવેગ/acceleration નો અનુભવ થાય છે. વાસ્તવમાં પોતે સ્થિર છે કે ગતિશીલ તેનો ખ્યાલ ન્યૂટનને આવતો નથી. આઇનસ્ટાઇનને પણ નહિ. મતલબ સાફ છે : પ્રવેગ અને ગુરુત્વાકર્ષણ વચ્ચે ફરક નથી. ઊર્જા અને પદાર્થની જેમ તેઓ પણ એક સિક્કાની બે સાઇડ છે.

પરંતુ ગુરુત્વાકર્ષણ પોતે શું છે ? આ પ્રશ્નનો જવાબ મેળવવા અને સ્પેશ્યલ થિઅરી સાથે તેનો મેળ બેસાડવા આઇનસ્ટાઇને ૧૯૧૨ માં બીજો 'થૉટ એક્સ્પરિમેન્ટ' કર્યો. કલ્પના પણ લિફ્ટની જ કરી. માનો કે અંતરિક્ષમાં જ્યાં એ લિફ્ટ સ્થિર તરી રહી છે ત્યાં આસપાસમાં





દૂર સુધી ક્યાંય મોટા કદના અવકાશી ગોળા નથી. ગ્રહો નથી કે તારા નથી, એટલે ગુરુત્વાકર્ષણનો પ્રભાવ ત્યાં લગભગ શૂન્ય છે. આ વખતે લિફ્ટમાં ડાબી તરફની દીવાલે ટોર્ચલાઇટ ગોઠવેલી છે. જમણી તરફની દીવાલે એ ટોર્ચલાઇટની બિલકુલ સીધમાં કાણું છે, એટલે સીધી લીટીમાં પ્રવાસ કરતો ટોર્ચનો શેરડો તે કાણાની આરપાર નીકળી જાય છે. (જુઓ, *સામેના પાને પ્રથમ ડાયાગ્રામ.*) લિફ્ટનું રોકેટએન્જિન ચાલુ કરી તેને પ્રવેગ/acceleration અપાય ત્યારે શું બને? અનુમાન કરો કે પ્રવેગ જોરદાર છે. ઉપર તરફ સડસડાટ જતી લિફ્ટે પુષ્કળ સ્પીડ પકડી છે. ટોર્ચલાઇટનો શેરડો એવા સંજોગોમાં અગાઉની જેમ સીધી લીટીનો પ્રવાસમાર્ગ આંકી શકે નહિ. સામી દીવાલના કાણાની આરપાર નીકળી જવાને બદલે એ શેરડો નીચે તરફ 'બેન્ડ' થાય છે. સીધ ચૂકે છે અને કાણાની સહેજ નીચે દીવાલ પર ટકરાય છે. (જુઓ, *ડાયાગ્રામ ૨.*) જુઓ કે શેરડાનો પ્રવાસમાર્ગ કમાન જેવો મરોડદાર છે.

આ જુદી અસર લિફ્ટના પ્રવેગે જન્માવી, પરંતુ આઇનસ્ટાઇનના પહેલા 'થૉટ એક્સ્પરિમેન્ટે' સાબિત કર્યું તેમ પ્રવેગ અને ગુરુત્વાકર્ષણ વચ્ચે રતીભાર ફરક નથી. પરિણામે લિફ્ટને પૃથ્વી પર લાવ્યા બાદ અને સ્થિર રાખ્યા બાદ ટોર્ચલાઇટ ચાલુ કરો તો ગુરુત્વાકર્ષણના પ્રભાવ હેઠળ એ વખતે પણ તેનો શેરડો કમાનાકારે 'બેન્ડ' થવો જોઇએ—અને થાય છે. (જુઓ, *સામેના પાને ત્રીજો ડાયાગ્રામ.*) દિશાપરિવર્તન બેશક નજીવું હોય, કેમ કે પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ ખાસ પ્રબળ નથી. આમ છતાં શેરડો સહેજ તો સહેજ, પણ વળે છે ખરો. આઇનસ્ટાઇને ત્યાર બાદ પોતાનો તર્ક વધુ એક સ્ટેપ આગળ ચલાવ્યો. અંતરિક્ષમાં પ્રકાશ હંમેશા સીધી લીટીનો માર્ગ આંકીને પ્રવાસ કરે છે, માટે તેનો શેરડો વળ્યાનો મતલબ એ કે ગુરુત્વાકર્ષણની હાજરીમાં અંતરિક્ષ પોતે મરોડાય છે અને તે મરોડને અનુસરતો પ્રકાશનો શેરડો પણ આપોઆપ તેમજ અનિવાર્યપણે 'બેન્ડ' થાય છે. ટૂંકમાં, અંતરિક્ષ સપાટ કે ઇસ્ત્રીદાર નથી. તારા અને ગ્રહો જેવા અવકાશી ગોળા જ્યાં પણ હોય ત્યાં એ બધી દિશામાં મરોડાયેલું છે.



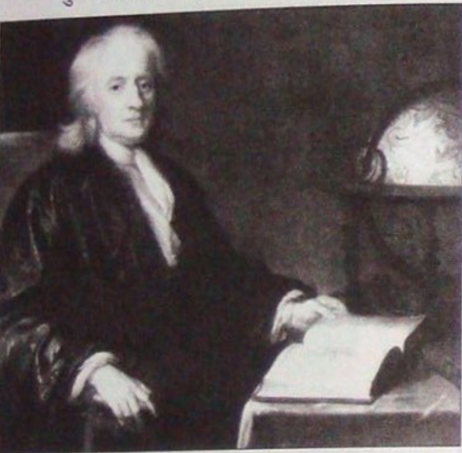




આ જાતના થ્રી-ડાયમેન્શનલ અંતરિક્ષની પરિકલ્પના કરવાનું જરા મુશ્કેલ છે, કેમ કે શાળામાં આપણે 'ફ્લેટ સરફેસ'ની ટુ-ડાયમેન્શનલ ભૂમિતિ શીખ્યા છીએ. આ ભૂમિતિમાં પહોળાઇ અને લંબાઇ પછી ઊંડાઇનું ત્રીજું પરિમાણ આવતું નથી. આમ છતાં સગવડતાને ખાતર અંતરિક્ષની પાતળી ટુ-ડાયમેન્શનલ સ્લાઇસ કાપીને તપાસો તો જાણીતી ઉપમા પ્રમાણે તે રબ્બરની ચાદર સમાન છે. ચાદર

પર એક પણ અવકાશી ગોળો ન હોય એ વખતે તેનું સ્વરૂપ ૯૩મે પાને પ્રથમ આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબનું લાગે, પરંતુ સૂર્ય જેવો એકાદ વિરાટ ગોળો તેના પર ગોઠવાય ત્યારે ચાદરમાં ગોબો રચાય છે. (જુઓ, *૯૩મે પાને નીચેનો ડાયાગ્રામ.*) અંતરિક્ષને રબ્બરિયા ચાદર સાથે તેમજ સૂર્યને લોખંડના દડા જોડે સરખાવતી ઉપમા બહુ જાણીતી હોવા છતાં ગોબો રચાવાનાં કારણો બન્ને કેસમાં જુદાં છે. ચાદર પરનો દડો પોતે ગોબો રચતો નથી, બલકે પૃથ્વીના ગુરુત્વાકર્ષણે તેને એનાયત કરેલું વજન એ માટે જવાબદાર છે. સૂર્યના કેસમાં તેને નીચે તરફ ખેંચતું હોય એવું પરિબળ અંતરિક્ષમાં નથી, માટે એ દ્રષ્ટિએ સૂર્યને વજન પણ નથી. આ ગોળો પોતાના ગુરુત્વાકર્ષણ વડે અવકાશી ચાદરને warp/મરોડ આપતો હોવાને કારણે ગોબો પડે છે. આ તફાવત ભુલવા જેવો નથી, કેમ કે ગુરુત્વાકર્ષણ હોય ત્યાં અંતરિક્ષ મરોડાય એ મુદ્દો જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીમાં કેન્દ્રસ્થાને છે.

ગુરુત્વાકર્ષણને લગતી આઈનસ્ટાઈનની થિઅરી અને ન્યૂટનની થિઅરી વચ્ચે પણ અહીં મોટો તફાવત પડે છે. પૃથ્વી સૂર્યને અને ચંદ્ર પૃથ્વીને શા માટે પ્રદક્ષિણા કરે છે એ સવાલ ન્યૂટનને (ડાબું ચિત્ર) પૂછ્યો હોય તો ખુલાસો એ મળે કે સૂર્ય પૃથ્વીને અને પૃથ્વી ચંદ્રને પોતપોતાના ગુરુત્વાકર્ષણ થકી બાંધી રાખે છે. આઈનસ્ટાઈનના મતે વાત સાવ જુદી છે. પૃથ્વીનો ગોળો સૂર્ય દ્વારા રચાયેલી અને ચંદ્રનો ગોળો પૃથ્વી દ્વારા રચાયેલી અવકાશી



જ્યોમેટ્રીને અનુસરી મિનિમમ અવરોધના તેમજ મહત્તમ અનુકૂળતાના માર્ગે પ્રવાસ કરે છે. પ્રવાસનું માર્ગદર્શન તેમને એ જ્યોમેટ્રી દ્વારા મળે છે. સૂર્યનો ગોળો પૃથ્વીને અને પૃથ્વીનો ગોળો ચંદ્રને માર્ગદર્શન આપે છે. જ્યોમેટ્રી કેવી હોય તેનો આધાર સરવાળે અવકાશી ચાદરમાં રહેલા ગોળાના mass/દળ પર રહે છે. દળ જેમ વધુ તેમ અંતરિક્ષ વધુ પ્રમાણમાં મરોડાય છે.

આ જ્યોમેટ્રી અચાનક નાબૂદ થાય તો શું બને ? હોડીમાં બેસીને માછલાં પકડવા નીકળેલા આઈનસ્ટાઈનના કાલ્પનિક અનુભવને જરા તાજો કરો. બુદ્ધિશાળી જીવો ચંદ્રને દૂધગંગાના બીજા છેડે મોકલી આપે એ જ ક્ષણે (ન્યૂટનના સિદ્ધાંત અનુસાર) સમુદ્રની ભરતી ઓસરવા માંડે છે. ચંદ્રનો પ્રકાશ ત્યાર પછી દોઢ સેકન્ડે અંધારપટમાં ફેરવાય છે. વાસ્તવમાં





એમ બનવું શક્ય નથી, કારણ કે અંતરિક્ષમાં માહિતી (અહીં પૃથ્વીને વરતાતું ચંદ્રનું ગુરુત્વાકર્ષણ નાબૂદ થયાની માહિતી) પ્રકાશવેગ કરતાં વધુ ઝડપે વહી શકે નહિ. ટૂંકમાં, ગુરુત્વાકર્ષણ ઈન્સ્ટન્ટ ધોરણે ટ્રાન્સમીટ થાય એવો ન્યૂટનનો સિદ્ધાંત આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરીનો ભંગ કરે છે. આઈનસ્ટાઈને જનરલ થિઅરીમાં મરોડાતું અંતરિક્ષ કલ્પીને એ વિરોધાભાસનો નીવેડો લાવી દીધો. આ થિઅરી મુજબ ચંદ્ર અદ્રશ્ય થયાની માહિતી પ્રકાશવેગ કરતાં વધારે ઝડપે નહિ, બલકે પ્રકાશના વેગે જ પૃથ્વી સુધી પહોંચે અને પૃથ્વી પર ચાંદની ગૂલ થાય ત્યારે જ ભરતીનાં પાણી ઓસરવા લાગે. માહિતીના વહનનું માધ્યમ શું ? અલબત્ત, રબ્બરિયા સ્વરૂપ ધરાવતી અવકાશી ચાદર, જે ચંદ્રની વિદાય પછી ફરી પાછી સપાટ થાય છે અને તેનાં સ્પંદનો પ્રતિસેકન્ડે ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરના વેગે એટલે કે પ્રકાશકિરણોની હારોહાર પૃથ્વી સુધી પહોંચે છે. અહીં મુદ્દાની વાત એ છે કે બે પદાર્થો વચ્ચે ગુરુત્વાકર્ષણનું પરિબળ કયા માધ્યમ દ્વારા ટ્રાન્સમીટ થાય એ ન્યૂટને કદી નહોતું સમજાવ્યું, જ્યારે આઈનસ્ટાઈને રબ્બરિયા અવકાશી ચાદરને માધ્યમ તરીકે પેશ કરી એ રહસ્યનો ફોડ પાડી દીધો.

અહીં સુધીની ચર્ચામાં આપણે ચાદરને માત્ર અવકાશ તરીકે કલ્પી, પણ હકીકતે space/અવકાશનું સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ નથી. અસ્તિત્વ સ્પેસટાઈમનું છે, જેમાં ત્રણ પરિમાણો સ્પેસનાં છે અને ચોથું પરિમાણ ટાઈમનું છે. આથી સ્પેસ ભેગો ટાઈમ પણ મરોડાય છે. પ્રવેગ/accelearation અનુભવતા ગતિશીલ પદાર્થ માટે સમય જો ધીમો પડતો હોય અને પેલી સફરજનના પતનવાળી લિફ્ટના દ્રષ્ટાંતમાં જોયું તેમ પ્રવેગ અને ગુરુત્વાકર્ષણ વચ્ચે કશો ભેદ ન હોય તો પ્રવેગની જેમ ગુરુત્વાકર્ષણની હાજરીમાં પણ સમય ધીમો પડવો સ્વાભાવિક છે. ગુરુત્વાકર્ષણ જેમ વધારે તેમ સમયની રફતારને વધુ પ્રમાણમાં બ્રેક લાગે છે. આ વિચિત્ર જણાતા મુદ્દાને પણ આઈનસ્ટાઈને જનરલ થિઅરીમાં વળી સ્પેશ્યલ થિઅરીની જેમ ફરી વખત બ્રહ્માંડને 'માયાવી' સાબિત કર્યું.

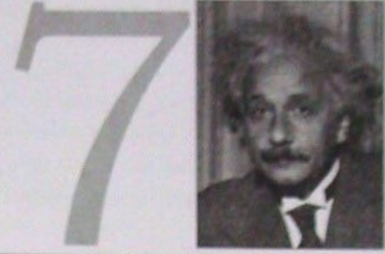
ઉદાહરણ માટે સ્ટાર ટ્રેકના 'એન્ટરપ્રાઈઝ'ની વાત કરીએ. કેપ્ટન નિમૉયનું અને કેપ્ટન જેમ્સ કર્કનું તે અંતરિક્ષયાન સૂર્યમાળાની ભાગોળે હોવાનું કલ્પી લો. બેઉ કેપ્ટનો પોતાની ઘડિયાળો એકબીજી જોડે સરખાવીને ખાતરી કરે છે કે તેમાં ડિસ્પ્લે થતા સમય વચ્ચે સહેજ પણ ફરક નથી. 'એન્ટરપ્રાઈઝ'નો લાંબો કેબલ ત્યાર પછી સૂર્ય તરફ લંબાવવામાં આવે છે અને કેપ્ટન નિમૉય તેને પકડી સૂર્યની અવકાશી ગર્તામાં 'ઉતરાણ' કરવાનું સાહસ હાથ ધરે છે. ભાગોળ પાસે સૂર્યનું ગુરુત્વાકર્ષણ બહુ પ્રબળ નથી, પરંતુ અંતર જેમ ઘટતું જાય એમ તેનો પ્રભાવ વ્યસ્તપ્રમાણમાં વધે છે અને કેપ્ટન નિમૉય કેબલ પર માંડ પકડ રાખી શકે છે. જનરલ થિઅરી પૂરતી અગત્યની વાત એ કે સમયનું વહેણ તેના માટે ક્રમશઃ ધીમું પડતું જાય છે, કેમ કે ગુરુત્વાકર્ષણ વધી રહ્યું છે. સાહસના આખરી તબક્કામાં કેપ્ટન કર્ક સૂર્યથી લગભગ ૧ અબજ કિલોમીટર દૂર અંતરિક્ષયાનમાં છે, જ્યારે કેપ્ટન નિમૉય અને સૂર્ય વચ્ચે ઝાઝું અંતર નથી. બેઉ જણા ત્યારે પોતાની ઘડિયાળો સરખાવે છે. ઘડિયાળો એકસરખો સમય બતાવતી નથી. સૂર્યની નિકટ પહોંચેલા કેપ્ટન નિમૉયની ઘડિયાળ કેપ્ટન કર્કની ઘડિયાળ કરતાં ૯૯.૯૯૮ ટકા લેખે ધીમી ચાલી રહી છે. નિમૉય માટે સમયની ગતિ મંદ પડી છે. આ તફાવત ભલે



ઊડીને આંખે વળગે એટલો ન હોય, છતાં સૂર્યનું ગુરુત્વાકર્ષણ સમયની ગતિને જરા બ્રેક મારે એ હકીકત છે. કેપ્ટન નિમૉયે સૂર્ય જેટલું દળ છતાં સૂર્ય કરતાં અબજો ગણી વધારે ઘનતાના ન્યૂટ્રોન સ્ટારની ગર્તામાં 'ઉતરાણ' કર્યું હોત તો જનરલ થિઅરીની હિસાબી ગણતરી મુજબ તેની ઘડિયાળ કેપ્ટન કર્કની ઘડિયાળ કરતાં ૭૬ ટકા ધીમા વેગે ચાલી હોત એ પણ હકીકત છે. ત્રીજી હકીકત : ભોંયતળિયાની ઘડિયાળ ટૉપ ફ્લોરની ઘડિયાળ કરતાં સહેજ ધીમી ચાલે, કારણ કે તે પૃથ્વીની વધુ નજીક છે.

સ્વાભાવિક છે કે આવાં વિચિત્ર તારણો કાઢતી જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી ૧૯૧૫ ની સાલના ઘણા ખગોળનિષ્ણાતોને શંકાસ્પદ લાગી. એક તરફ એ થિઅરી સાચી હોવાના પુરાવા આઇનસ્ટાઇને રજૂ કર્યા ન હતા. બીજી તરફ ન્યૂટનના ઘણા ખરા સિદ્ધાંતો આમેય સાચા હતા અને ગુરુત્વાકર્ષણના પ્રભાવની બારીકમાં બારીક ગણતરી કરવાની થાય ત્યાં પણ એ સિદ્ધાંતો વડે કામ ચાલી જતું હતું. આઇનસ્ટાઇને તે સિદ્ધાંતોમાં માત્ર નજીવો સુધારો કર્યો હોત તો વાત જુદી હતી. પરંતુ ગુરુત્વાકર્ષણના પરિબળની તેણે જુદી જ વ્યાખ્યા બાંધી હતી, જે ઘણા ખરા વિજ્ઞાનીઓને અજૂગતી જણાઇ. વર્ષો પછી ૧૯૩૦ ના અરસામાં ભારતીય ખગોળશાસ્ત્રી સુબ્રહ્મણ્યમ્ ચંદ્રશેખરે બ્લેક હોલનું અસ્તિત્વ સૂચવતી ક્રાંતિસર્જક ફોર્મ્યુલા ઘડી અને તે અક્ષરશઃ સાચી ઠરી ત્યારે ખગોળવિદોને સ્પેશ્યલ થિઅરી કરતાં પણ જનરલ થિઅરીમાં વધુ રસ જાગ્યો. કેટલાક ખગોળવિદોએ ટાઇમ ટ્રાવેલ સુધીનાં અનુમાનો કર્યાં એ તો ઠીક, પણ સમગ્ર બ્રહ્માંડનું ભાવિ છેવટે જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી વડે ભાખી શકવાનું ખગોળવિદો માટે શક્ય બન્યું.■



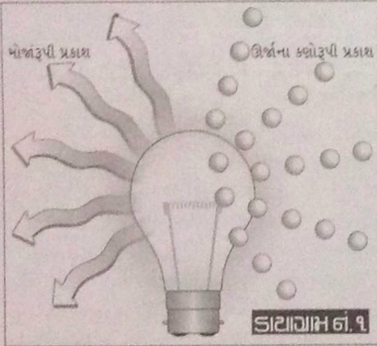


# ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટ

સ્વિત્ઝરલેન્ડની પેટન્ટ ઑફિસમાં ફરજ બજાવતા ૨૬ વર્ષના આઇનસ્ટાઇને ૧૯૦૫ દરમ્યાન એવા ચાર અભ્યાસપત્રો લખ્યા કે જેમને Annalen der Physik / Annals of Physics નામના જર્મન સાયન્સ મેગેઝિનમાં પ્રસિદ્ધિ મળ્યા પછી તમામ વિજ્ઞાન-જગત ખળભળી જવાનું હતું. એક રિસર્ચ પેપર દ્રાવણમાં તરતા માઇક્રોસ્કોપિક કણોની (દા.ત. દૂધમાં રહેલા કણોની) બિલિયર્ડના અફરાતફરી મચાવતા બોલ જેવી ગતિ અંગે હતું. બીજામાં તેણે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી રજૂ કરી હતી. ત્રીજા રિસર્ચ પેપરમાં તેણે પ્રકાશના ફોટોન કણોના પ્રહાર વડે સર્જાતી ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટનો પ્રથમ વૈજ્ઞાનિક ખુલાસો આપ્યો, જ્યારે ચોથું પેપર સ્પેશ્યલ થિઅરીની તાજા કલમ તરીકે $E = mc^2$ સૂત્ર અંગેનું હતું.

આ ચાર પૈકી જેના માટે આઇનસ્ટાઇને very revolutionary એવા શબ્દો વાપર્યા એ રિસર્ચ પેપર કયું ? વિશ્વભરમાં ગાજેલી સ્પેશ્યલ થિઅરીનું નહિ અને લોકજીભે ચડેલા $E = mc^2$ સૂત્રનું પણ નહિ. ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટનો સિદ્ધાંત આઇનસ્ટાઇનને ક્રાંતિકારી જણાયો હતો અને છેવટે એ જ સિદ્ધાંત માટે તેને ૧૯૨૧ માં ભૌતિકશાસ્ત્રનું નોબેલ પારિતોષિક મળવાનું હતું. આજે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો નાટ્યાત્મક પ્રભાવ અનુભવવા માટે પેલા સ્ટાર ટ્રેકના 'એન્ટરપ્રાઇઝ' જેવા સુપરવેગી અંતરિક્ષયાનમાં બેસી બ્રહ્માંડના પ્રવાસ જવું પડે, પણ અહીં ધરતી પર ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટ વગરનું (કહો કે ડિજિટલ કેમેરા, DVD પ્લેયર, ઑટોમેટિક દરવાજા, સોલાર-પાવર્ડ કેલ્ક્યુલેટર્સ અને LCD ટેલિવિઝન વગરનું) જગત કલ્પી પણ શકાય નહિ.

આઇનસ્ટાઇને મગજ દોડાવ્યું એ પહેલાં વિજ્ઞાનીઓ માટે પ્રકાશ બહુ માથાભારે વિષય હતો. પ્રકાશનો ચોતરફી ફેલાવો મોજાંના સ્વરૂપે થાય એવું તેઓ માનતા હતા. માન્યતા ખોટી પણ ન હતી. આઇઝેક ન્યૂટને ત્રિપાર્શ્વ કાચ વડે white light/સફેદ પ્રકાશને મુખ્ય સાત રંગોમાં વહેંચી સાબિત કરેલું કે દરેકની તરંગલંબાઇ અચૂક જુદી હોવી જોઇએ, માટે સ્વરૂપ પણ મોજાંનું હોવું જોઇએ. આ ખ્યાલને સ્વીકૃતિ મળ્યા બાદ ૧૩૫ વર્ષ સુધી તે અણનમ રહ્યો અને પ્રકાશના ગુણધર્મોને લગતું સંશોધન પણ એ જ માર્ગે ચાલતું રહ્યું. સ્પીડબ્રેકર ૧૮૩૯ માં નજર સામે આવ્યું. એક ફ્રેન્ચ ભૌતિકશાસ્ત્રીએ પ્રયોગો દ્વારા સાબિત કર્યું કે પ્રકાશનાં કિરણો ધાતુની સપાટી પર આપાત થાય ત્યારે એ ધાતુના કેટલાક ઇલેક્ટ્રોન્સને તેઓ ધક્કાભેર ખસેડી મૂકે અને મુક્તિ પામેલા ઇલેક્ટ્રોન્સનો સમુદાય ત્યાર પછી વીજળીનો પ્રવાહ બને. થિઅરી સાચી હતી--અને સાચી હોવાને કારણે વિજ્ઞાનીઓ માટે પ્રશ્નાર્થ હતી. પ્રકાશ જો મોજાંના સ્વરૂપે આગળ વધતો હોય તો એ મોજાં બધે ફેલાય અને તેઓ ચોક્કસ ઇલેક્ટ્રોનને પદભ્રષ્ટ કરી શકે નહિ. પ્રકાશની એનર્જી મોજાં ભેગી પ્રસર્યા કરે, માટે ઇલેક્ટ્રોન એવી કમજોર એનર્જીને મચક ન આપે તે દેખીતી વાત હતી.



ડાયાગ્રામ નં. ૧

આ મામલાને ૧૯૦૨ માં ફિલિપ લેનર્ડ નામના સાયન્ટિસ્ટે વધુ ગૂંચવ્યો. પ્રયોગો દરમ્યાન તેણે નોંધ્યું તેમ પ્રકાશમોજાંની તરંગલંબાઇ અમુકને બદલે તમુક હોય ત્યારે (લાલને બદલે ભૂરા રંગના બેન્ડમાં હોય ત્યારે) ધાતુના વધુ ઇલેક્ટ્રોન્સ છૂટા પડતા હતા અને તે ઇલેક્ટ્રોન્સમાં એનર્જીનું પ્રમાણ વધારે જોવા મળતું હતું. શા માટે આવું થાય તેનો પણ ખુલાસો પ્રકાશના મોજાસ્વરૂપને વળગી રહેવાય ત્યાં સુધી મળે તેમ નહોતો, કેમ કે તરંગલંબાઇ આખરે તો તરંગલંબાઇ હતી. બીજી તરફ પ્રકાશ મોજાં તરીકે આગળ વધે તે ખ્યાલ એટલા માટે તજી ન શકાય કે દરેક પ્રયોગે તેને સાચો પુરવાર કર્યો હતો.

ત્રણ વર્ષ પછી આઇનસ્ટાઇન મેદાનમાં આવ્યો. અગાઉ જણાવેલા ચાર અભ્યાસપત્રો પૈકી very revolutionary રિસર્ચ પેપરમાં તેણે એમ જણાવ્યું કે પ્રકાશ ફક્ત મોજાંના સ્વરૂપે ફેલાય એવું નથી. ઊર્જાનાં 'પડીકાં' સમાન છૂટક કણો તરીકે પણ ચારેબાજુ પ્રસરે છે અને તે કણોનો જ મારો ધાતુના ઇલેક્ટ્રોન્સને પદભ્રષ્ટ કરી નાખે. થિઅરી કલ્પનાતીત હતી. વીજળીનો ચેતેલો બલ્બ નજર સામે હોવાનું ધારી લો. (જુઓ, ડાયાગ્રામ નં. ૧.) બલ્બના ચોમેર ફેલાતા પ્રકાશનું સ્વરૂપ મોજાંનું ગણવું કે કણનું? કે પછી બન્નેનું ? બન્ને હોય એ તો માનવા જેવું ન





હતું. પ્રકાશ wave પણ હોય અને particle પણ હોય એ વાત તત્કાલીન ભૌતિકનિષ્ણાતોનેય અજૂગતી લાગી, પરંતુ તેને સ્વીકાર્યા વગર ધાતુના ઇલેક્ટ્રોન્સનો 'ગાદીત્યાગ' સમજાવી શકાય તેમ ન હતો.

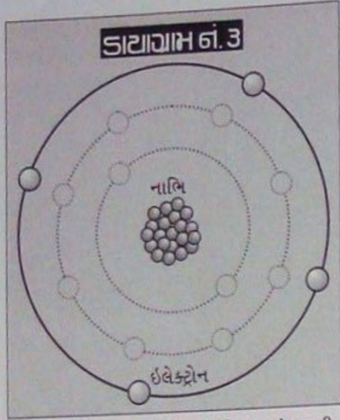
વિજ્ઞાની મેક્સ પ્લાન્કના તંત્રીપદ હેઠળ પ્રગટ થતા Annalen der Physik સામયિકે આઇનસ્ટાઇનનું રિસર્ચ પેપર છાપ્યા બાદ તેના સિદ્ધાંતની ચકાસણી માટે પ્રયોગો હાથ ધરવામાં આવ્યા. પરિણામ તો બીજું શું આવવાનું હતું?

ધાતુની સપાટી
ઓછી ઊર્જાનો ફોટોન (લાલ પ્રકાશ)
ઇલેક્ટ્રોન
વધુ ઊર્જાનો ફોટોન (ભૂરો પ્રકાશ)
ઇલેક્ટ્રોન
ડાયાગ્રામ નં. ૨

આઇનસ્ટાઇન સાચો ઠર્યો. લાલ કરતાં ભૂરા બેન્ડવાળા પ્રકાશના કણોમાં વધુ ઊર્જા હોય, માટે ઇલેક્ટ્રોનને વાગતો ફટકો વધુ જોરદાર નીવડે એ વાતનોય પુરાવો મળી આવ્યો. (જુઓ, ડાયાગ્રામ નં. ૨.) વિશેષમાં એ નક્કી થયું કે લાલ કરતાં ભૂરા પ્રકાશમાં કણોની સંખ્યા વિશેષ હોય, માટે ધાતુ પર એ પ્રકાશના આપાત પછી વધુ ઇલેક્ટ્રોન્સ મુક્તિ પામે. આ બિલિયર્ડ ગેમ એટલે ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટ, જેમાં ફોટો શબ્દ ગ્રીક ભાષાનો હતો. (ફોટો = પ્રકાશ.) ઊર્જાના 'પડીકાં' સમાન કણનું નામ ત્યારે હજી ફોટોન પાડવામાં આવ્યું ન હતું. આ નામ વર્ષો પછી ૧૯૨૬ માં અમેરિકન રસાયણશાસ્ત્રી ગિલ્બર્ટ લેવિસે સૂચવ્યું.

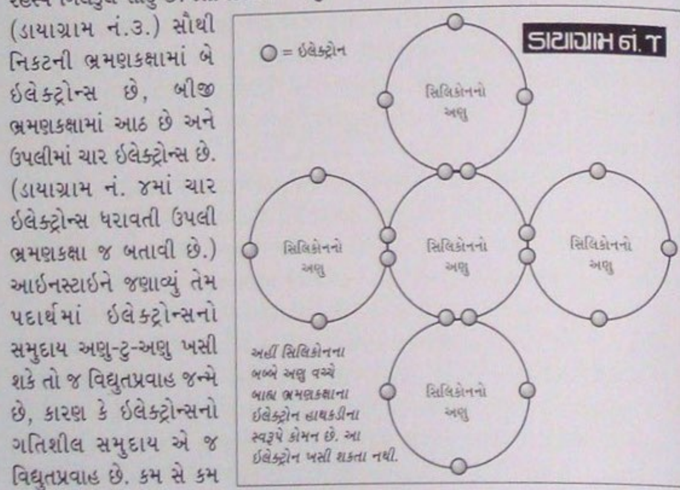
આજે ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટનો કમાલ અનેક સાધનોમાં જોવા મળે છે અને તે દરેક સાધન આઇનસ્ટાઇને કરેલી શોધ વડે શક્ય બન્યું છે. ક્રિકેટમાં બેડ લાઇટની અપીલ થાય ત્યારે અમ્પાયરને માર્ગદર્શન આપતું લાઇટ મીટર ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટ વાપરે છે. ઇષ્ટતમ કરતાં ઓછો પ્રકાશ તેમાં ઝાઝા ઇલેક્ટ્રોન્સને પદભ્રષ્ટ ન કરે, માટે વૉલ્ટેજનો નોર્મલ મૂલ્યનો આંકડો ત્યારે ડિસ્પ્લે થતો નથી. આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનનો સિદ્ધાંત લડાવતી ઑટોમેટિક સ્ટ્રીટ લાઇટ પણ સવાર પડતાં આપોઆપ બંધ થાય છે. ડિજિટલ કેમેરાની CCD ચિપ સામેથી આવતા દશ્યપ્રકાશના જે સંખ્યાના તથા સબળતાના ફોટોનને ઝીલે એટલા જ ઇલેક્ટ્રોન્સ તેમાં મુક્ત થાય અને તે મુજબના પિક્સેલ્સ બને. ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટની રિવર્સ પ્રક્રિયા DVD પ્લેયરમાં જોવા મળે છે, જ્યાં સેમીકન્ડક્ટર પદાર્થના ઇલેક્ટ્રોન્સ સંખ્યાબંધ ફોટોનને 'ખો' આપી ડિજિટલ તકતીને વાંચતો લેસરનો શેરડો જન્માવે છે. ઔદ્યોગિક કારખાનામાં તૈયાર થતી અને કન્વેયર બેલ્ટ પર આગળ વધતી પ્રોડક્ટ્સની સંખ્યા ગણતો ફોટોસેલ પણ આઇનસ્ટાઇનના સિદ્ધાંતને અનુસરે છે. લાઇટ સોર્સ દ્વારા નીકળતો પ્રકાશનો શેરડો સામી તરફ ફોટોસેલમાં ઝીલાતો રહે છે. વિદ્યુત પ્રવાહનું સર્જન એકધારું થયા કરે છે. કન્વેયર બેલ્ટ પર આવતી પ્રોડક્ટ જેવી એ શેરડાને કાપે કે તરત વિદ્યુત પ્રવાહ બંધ પડે અને કાઉન્ટર વધુ ૧ નંગને ડિસ્પ્લેમાં નોંધી લે.

આઇનસ્ટાઇનની ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટનો કમાલ સમજાવતું બેસ્ટ સાધન હોય તો એ સોલાર સેલ, જેનું વધુ યોગ્ય નામ ફોટોવૉલ્ટેઇક સેલ છે. ફોટોન વડે તેમાં વૉલ્ટેજ પેદા થાય




છે. આ સેલ માટે પરંપરાગત રીતે વપરાતો આવેલો પદાર્થ સિલિકોન છે. સિલિકોન એટલે મૂળ તો રેતી, માટે રૉ મટિરિઅલ્સના ખાતે તેનું મૂલ્ય કશું નહિ. આમ છતાં તેને પ્રખર તાપમાન વચ્ચે ગરમ કરી શુદ્ધ સિલિકોનમાં ફેરવવાનું કાર્ય જફાવાળું છે. શુદ્ધ સિલિકોન વળી વીજળીનું અવાહક છે. સૂર્યપ્રકાશના ફોટોન કણો તેના ઇલેક્ટ્રોન્સને અણુ ફરતી ભ્રમણકક્ષાની બહાર ધકેલી વિદ્યુત પ્રવાહ જન્માવી શકે નહિ. નિયંત્રિત રીતે કેટલીક અશુદ્ધિઓ છાંટી તેને સેમીકન્ડક્ટર બનાવવો પડે છે. આ સંસ્કારો કરાયા પછી જ તે સોલાર સેલ બને--અને એ પતીકાં પર પ્રકાશનો અભિષેક થતાં જ વીજળીની સરવાણી ફૂટી નીકળે છે.

ઉપર નોંધ્યું તેમ બીજાં ભેળસેળિયાં તત્ત્વો કાઢી નાખીને છૂટા પાડેલા શુદ્ધ સિલિકોનમાં તો કશો જાદુ હોતો નથી, બલ્કે વીજળી સાથે તેને આડવેર છે. વિદ્યુતપ્રવાહને તે 'નો એન્ટ્રી' કહીને અવરોધે છે, માટે તેનો ઉપયોગ માત્ર ઇન્સ્યુલેટર તરીકે થઇ શકે છે. આ ગુણધર્મનું રહસ્ય બિલકુલ સાદું છે. સિલિકોનના અણુમાં નાભિને ફરતે રહેલા ઇલેક્ટ્રોન્સ મુક્ત નથી. (ડાયાગ્રામ નં.૩.) સૌથી નિકટની ભ્રમણકક્ષામાં બે ઇલેક્ટ્રોન્સ છે, બીજી ભ્રમણકક્ષામાં આઠ છે અને ઉપલીમાં ચાર ઇલેક્ટ્રોન્સ છે. (ડાયાગ્રામ નં. ૪માં ચાર ઇલેક્ટ્રોન્સ ધરાવતી ઉપલી ભ્રમણકક્ષા જ બતાવી છે.) આઇનસ્ટાઇને જણાવ્યું તેમ પદાર્થમાં ઇલેક્ટ્રોન્સનો સમુદાય અણુ-ટુ-અણુ ખસી શકે તો જ વિદ્યુતપ્રવાહ જન્મે છે, કારણ કે ઇલેક્ટ્રોન્સનો ગતિશીલ સમુદાય એ જ વિદ્યુતપ્રવાહ છે. કમ સે કમ








બાહ્ય ભ્રમણકક્ષાના ઇલેક્ટ્રોન્સ એ રીતે પાટલી બદલતા હોવા જોઇએ.

સિલિકોનની બાહ્ય ભ્રમણકક્ષામાં કુલ ચાર ઇલેક્ટ્રોન્સ છે, પરંતુ અણુ તેમને ક્યાંય આઘાપાછા થવા દેતો નથી. ઊલ્ટું, અણુ નં. ૧ તેના પડોશી અણુ નં. ૨ સાથે જોડાવા માટે તેમનો હાથકડી તરીકે ઉપયોગ કરે છે. અર્થાત્ ઇલેક્ટ્રોન્સ બધા અણુને પરસ્પર જકડી રાખે છે. પરિણામે સિલિકોન પદાર્થ ફરજિયાત ઇન્સ્યુલેટર બની ગયો છે. આ પદાર્થ વીજળીને રસ્તો જ ન આપતો હોય ત્યારે વીજઉત્પાદનમાં તેને કામે લગાડવો શી રીતે ?

વિજ્ઞાનજગતના નિષ્ણાતો ઓછી માયા નથી. વિજ્ઞાન જેવા અટપટા વિષયમાં પણ તેઓ ક્યારેક જાદુના ખેલ કરી જાણે છે. સિલિકોનને લાગેવળગે છે ત્યાં સુધી પહેલો જાદુગર સ્વિડનનો રસાયણશાસ્ત્રી જોન્સ બર્ઝેલિયસ (જમણું ચિત્ર) હતો, જેણે ૧૯૨૩માં કુદરતનાં બીજાં તત્ત્વો (દા. ત. સિલિકા યાને રેતી) સાથે ભળેલા સિલિકોનને છૂટું પાડી દેખાડ્યું હતું. આ શુદ્ધ સિલિકોન દેખીતી રીતે ઇન્સ્યુલેટર જ હતું, પણ ત્યાર બાદ વીસમી સદીના આરંભે કરાયેલા પ્રયોગોમાં જણાયું કે શુદ્ધ સિલિકોનને જરાતરા અશુદ્ધ બનાવાય તો મંદ વિદ્યુતપ્રવાહ તેમાં વહી શકે છે. આમ છતાં તે પદાર્થ ઇન્સ્યુલેટર મટીને તદ્દન કન્ડક્ટર પણ થઇ જતો નથી. સિલિકોન હવે સેમીકન્ડક્ટર બને છે. મતલબ કે સો ટકા ઇન્સ્યુલેટર પણ નહિ અને સો ટકા કન્ડક્ટર પણ નહિ. બે વિરોધી ગુણધર્મો ફીફ્ટી-ફીફ્ટી ધરાવતો પદાર્થ ખરેખર તો ધોબીના કૂતરા જેવો થઇ પડે, કેમ કે બે પૈકી એકેય ગુણધર્મને તે પૂરેપૂરો વફાદાર હોય નહિ. પરિણામે તેને કોઇ ચોક્કસ કામમાં ભરોસા સાથે જોતરી શકાય નહિ.

પરંતુ ૧૯૫૪ના અરસામાં બેલ ટેલિફોન લેબોરેટરીના નિષ્ણાતોએ સિલિકોનની એ જ ખૂબીનો ઉપયોગ કરીને પ્રથમ સોલાર સેલ બનાવ્યા. વીજળી સાથે જેને બારમો ચંદ્રમા ગણાય એવા શુદ્ધ સિલિકોનમાં તેમણે કેટલીક અશુદ્ધિ ઉમેરી. મોહનથાળ પર બદામપિસ્તાનો ચૂરો અંદાજે ભભરાવો એ રીતે નહિ, પણ યુક્તિપૂર્વક તથા અંકુશપૂર્વક તેમણે અશુદ્ધિનો છંટકાવ કર્યો. આ સંસ્કાર થયા પછી સિલિકોનની પ્રકૃત્તિ જ બદલાઇ જવા પામી. વીજળીને સામાન્ય રીતે વેરણ કરતો એ પદાર્થ હવે વીજળીનું અક્ષયપાત્ર બની ગયો. સૂર્યનાં કિરણો તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ થઇને વહેવા લાગ્યાં. અલબત્ત, સૌરઊર્જાને નાથવાનો એ તરીકો બેહદ મોંઘો નીવડ્યો, એટલે શરૂમાં તેને દાદ ન મળી. પરંતુ આજે સોલાર સેલનો ઉત્પાદનખર્ચ ઘટ્યો છે અને ખનિજ તેલના ભાવો વધ્યા છે ત્યારે સૌરવીજળીની ઉપેક્ષા કરી શકાય તેમ નથી.

હવે મૂળ પ્રશ્ન : સૂર્યપ્રકાશને વીજળીમાં પલટી નાખે એવું તે સિલિકોનમાં કયું જાદુઇ

તત્ત્વ છે ? તત્ત્વ બીજું કોઇ નહિ, પણ સિલિકોન પર સૂક્ષ્મ છંટકાવ પામતી અશુદ્ધિ છે. સોલાર સેલ બનાવતા નિષ્ણાતો સિલિકોન પર મુખ્યત્વે ફોસ્ફરસનો તથા બોરોનનો છંટકાવ કરે છે, જેને ટેક્નિકલ પરિભાષામાં 'ડોપિંગ' કહે છે. આ પદાર્થોને તેમણે આડેધડ પસંદ કર્યા નથી. બેઉની અણુરચના બરાબર તપાસ્યા પછી જ તેમને અશુદ્ધિ તરીકે સમર્થન આપ્યું છે. પરંતુ બેઉનો ઉપયોગ કરવા પાછળ હેતુ સરખો છે. 'ડોપિંગ' થયા બાદ તેમના અણુ સિલિકોન સાથે ગોઠવાઇ જાય છે. સિલિકોનનું મૂળભૂત સ્ફટિક જેવું બંધારણ તોડ્યા વિના જ અણુ તેના ગુણધર્મને બદલી નાખે છે. હૃદયરોપણની શસ્ત્રક્રિયા પછી ભલે દાતાના હૃદય વડે દરદીનો સ્વભાવ પલટાતો ન હોય, પણ અહીં સિલિકોનના રંગઢંગ બદલાયા વિના રહેતા નથી.

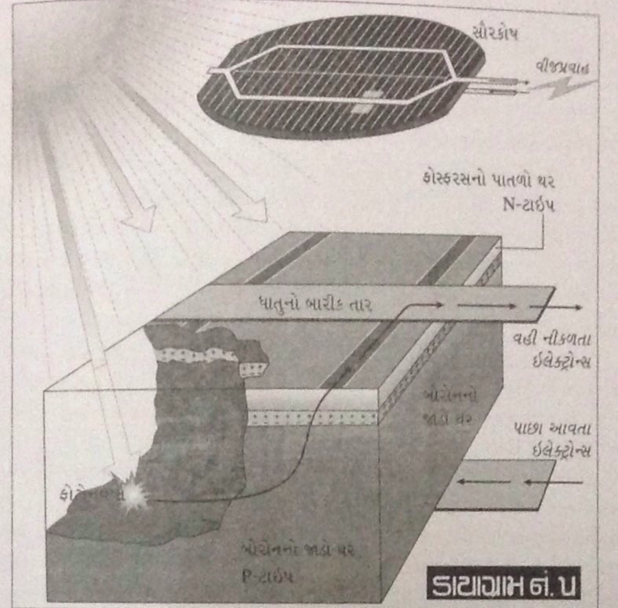
પહેલાં જરા ફોસ્ફરસનું દૃષ્ટાંત લઇ જુઓ. ફોસ્ફરસના અણુનું બાહ્ય પડ કુલ પાંચ ઇલેક્ટ્રોન્સ ધરાવે છે, જ્યારે સિલિકોનના બાહ્ય પડમાં તો માત્ર ચાર ઇલેક્ટ્રોન્સનો સમાવેશ થઇ શકે છે. ઇલેક્ટ્રોન નં. ૫ માટે તેમાં જગ્યા હોતી નથી, એટલે તે પરમાણુ મ્યુઝિકલ ચેરની રમતમાં ખુરશી ન મેળવી શકનાર ખેલાડીની જેમ ફાજલ રહે છે. આ જાતના પાંચ નંબરી ઇલેક્ટ્રોન્સ અબજો હોય છે, કેમ કે સિલિકોનમાં નિષ્ણાતોએ ફોસ્ફરસના અબજો જેટલા અણુનો છંટકાવ કર્યો હોય છે. અણુદીઠ એક ઇલેક્ટ્રોનને 'બેસવા' માટે જગ્યા મળતી નથી. જો મળી હોત તો તેઓ આઘાપાછા થવાનું નામ લેત નહિ. પરંતુ ન મળવાને લીધે તેઓ ઝાલ્યા રહેતા નથી. સોલાર સેલમાં બીજે ક્યાંય 'ખુરશી' ભૂલેચૂકે ખાલી દેખાય તો તેઓ એ દિશા તરફ ધસી જાય છે.

આ ઇલેક્ટ્રોન્સ માટે નિષ્ણાતો ખાલી ખુરશીની જોગવાઇ બોરોન વડે કરે છે. સોલાર સેલના ઉપલા હિસ્સામાં ફોસ્ફરસ છાંટ્યા પછી નીચલા હિસ્સામાં તેઓ બોરોન ભેળવે છે. બોરોનની વળી જુદી ખાસિયત છે. બાહ્ય પડમાં તે ફક્ત ત્રણ ઇલેક્ટ્રોન્સ ધરાવે છે, જ્યારે સિલિકોનના અણુ સાથે તેનો અણુ બંધબેસતો કરવા માટે હકીકતમાં ચાર ઇલેક્ટ્રોન્સ હોવા જોઇએ. ચારને બદલે ત્રણ હોય છે, માટે અણુ દીઠ એક ખુરશી તદ્દન ખાલી રહે છે.

ખુરશીની ઉપમા બાજુ પર મૂકીને ટેક્નિકલ ભાષામાં વાત કરો તો સોલાર સેલમાં હવે પરિસ્થિતિ આમ છે : સેલના ઉપલા (તેમજ ઓછા જાડા) હિસ્સામાં જ્યાં ફોસ્ફરસ છંટાયું ત્યાં અબજો ઇલેક્ટ્રોન્સ ફાજલ પડે છે, કેમ કે દર પાંચમા ઇલેક્ટ્રોનને અણુનું પડ સ્વીકારતું નથી. ઇલેક્ટ્રોન નેગેટિવ ચાર્જિંગ એટલે કે ઋણ વીજભાર ધરાવતા પરમાણુ છે, માટે સેલનો ઉપલો હિસ્સો નેગેટિવ પ્રકૃત્તિનો થઇ જાય છે. આ મામૂલી જાડાઇના હિસ્સાને N-ટાઇપ સિલિકોન કહે છે. સેલના નીચલા (તેમજ વધુ જાડા) હિસ્સામાં જ્યાં બોરોન છંટાયું ત્યાં ચોથા ઇલેક્ટ્રોનનું સ્થાન ભરાયું નથી, એટલે તેમાં 'હૉલ' પેદા થાય છે. આમ તો 'હૉલ' શબ્દનો મતલબ 'કાણું' થાય, પરંતુ સોલાર સેલના કેસમાં તેનો શબ્દાર્થ જોડણીકોશ મુજબ કાઢવો જરૂરી નથી, કેમ કે ખરેખર ત્યાં કાણા જેવું કશું હોતું નથી. ઇલેક્ટ્રોને ખાલી રહેવા દીધેલી જગ્યાને જ વીજાણુનિષ્ણાતો 'હૉલ' તરીકે ઓળખે છે. બોરોનના હિસ્સામાં ઇલેક્ટ્રોન ખૂટે છે, એટલે તે હિસ્સો આપોઆપ પોઝિટિવ યાને P-ટાઇપ થઇ જાય છે. આ પરિસ્થિતિમાં સ્વાભાવિક છે કે P-ટાઇપ તેમજ N-








ટાઇપ વચ્ચે કશી સમતુલા રહે નહિ. N-ટાઇપમાં ઇલેક્ટ્રોન હવે વધી પડ્યા છે, તો P-ટાઇપમાં તેમની કસર જણાય છે. ત્રાજવાને સમતોલ બનાવવા માટે N-ટાઇપ માંહ્યલા વધારાના ઇલેક્ટ્રોન્સ નીચેના P-ટાઇપ હિસ્સા તરફ પ્રયાણ કરે છે, જ્યારે એ જ વખતે 'હૉલ્સ' ઉપર તરફ સરકવા માંડે છે.

આ મ્યુઝિકલ ચેરની રમતને અંતે ચિત્ર પહેલાં જેવું રહેતું નથી. ફોસ્ફરસ તેના ઇલેક્ટ્રોન ખોઇને 'હૉલ્સ' મેળવે, એટલે ત્યાં સરવાળે પોઝિટિવ ચાર્જ (+) ઉત્પન્ન થાય છે. બોરોન તેના 'હૉલ્સ' ખોઇને ઇલેક્ટ્રોન પામે, એટલે ત્યાં સરવાળે નેગેટિવ ચાર્જ (-) ઉદ્ભવે છે. આ નવા ચિત્ર સાથે બીજા ચેનચાળા ન કરો તો તે યથાવત્ રહે છે; એટલે કે મ્યુઝિકલ ચેરની રમત આગળ ચાલતી નથી. પરંતુ સોલાર સેલને પ્રકાશમાં લઇ જાવ ત્યારે પાછી ગમ્મત જોવા મળે છે. પ્રકાશ ફોટોન કણોનો બનેલો છે. સેકન્ડના ત્રણ લાખ કિલોમીટરની ઝડપે ધસી આવતો દરેક ફોટોન જાણે કેરમ બોર્ડનું જોશીલું સ્ટ્રાઇકર હોય તેમ સોલાર સેલમાં તરખાટ મચાવે છે. ફોસ્ફરસ ધરાવતો ઉપલો થર ખાસ જાડો હોતો નથી, એટલે વધુ તરખાટ નીચેના બોરોન થરમાં મચે છે. આ P-ટાઇપ સિલિકોનમાં પ્રકાશનો ફોટોન કણ જેવો ત્રાટકે કે તરત કેરમ બોર્ડની કૂકરી જેવો ઇલેક્ટ્રોન દૂર હડસેલાઇ જાય છે. (જુઓ, ડાયાગ્રામ નં.૫.) લાખો ફોટોન

કણો લાખો ઇલેક્ટ્રોન્સને એ રીતે સ્થાનભ્રષ્ટ કરી નાખે છે, પણ ચર્ચાને સરળ રાખવા માટે અહીં માત્ર એકનું વર્ણન કરવું યોગ્ય છે. આ ઇલેક્ટ્રોન ખસી ગયા બાદ તેની જગ્યા ખાલી પડે છે. મતલબ કે ત્યાં 'હૉલ' રચાય છે. દરમ્યાન ઇલેક્ટ્રોન પોતે બોરોનના થરમાં બેસી રહેતો નથી. સિલિકોનના પતીકામાં ઇધરઉધર ભટકવા માટે હવે તે આઝાદ છે.

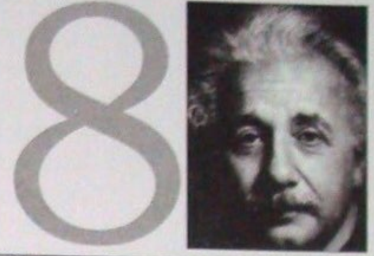
ઇલેક્ટ્રોન પૂરેપૂરો આઝાદ નથી. કુદરતે તેને ઋણ વીજભારનો બનાવ્યો છે, જ્યારે ફોસ્ફરસનો ઉપલો (N-ટાઇપ) થર હવે ધન વીજભાર ઊર્ફે પોઝિટિવ ચાર્જ ધરાવે છે. બે અસમાન ધ્રુવો વચ્ચે ફરજિયાત આકર્ષણ થવું જોઇએ, માટે ઇલેક્ટ્રોન વગર કહે ઊંચે ચડે છે. જાણે પરપોટા ચડતા હોય તેમ લાખો ઇલેક્ટ્રોનનો ઉભરો N-ટાઇપ સિલિકોનમાં તરી નીકળે છે. ઇલેક્ટ્રોનનો ગતિશીલ સમુદાય આખરે શું છે ? અગાઉ નોંધ્યું તેમ એ વિદ્યુતપ્રવાહ છે, માટે અહીં સૂર્યપ્રકાશનું વીજળીમાં અનાયાસે રૂપાંતર થઇ ગયું છે.

આ રૂપાંતરને કશુંક પ્રોત્સાહન ન આપો તો તે વણઅટક્યું ચાલુ રહેતું નથી, કારણ કે N-ટાઇપ સિલિકોનનો થર ઇલેક્ટ્રોન્સ વડે હાઉસફૂલ થયા પછી ત્યાં બીજા ઇલેક્ટ્રોન્સ જાકારો પામે છે. જગ્યાના અભાવે તેઓ ઊંચે જઇ શકતા નથી. N-ટાઇપ સિલિકોનમાં જગ્યાના બંદોબસ્ત માટે હવે એક જ કામ કરવાનું રહે છે. સિલિકોનના એ હિસ્સા પર સૂક્ષ્મ તારનું જોડાણ આપી દો, એટલે બધા ઇલેક્ટ્રોન્સ તેના દ્વારા વહી જાય છે. તારનું બારીક જાળું ત્યાં મઢી લેવાય તો વળી ઉત્તમ, કારણ કે સપાટી પર તરી નીકળેલા ઇલેક્ટ્રોન્સને એ જાળું લગભગ ઝારાની માફક જ નીતારી લે છે. આ રીતે વિદ્યુત-વાહ ખેંચાઇ આવે છે, જેનો ઉપયોગ બલ્બ ચેતાવવા માટે અથવા બીજાં વિદ્યુત ઉપકરણો ચલાવવા માટે થઇ શકે છે. ઉપયોગ થયા બાદ સરકીટ દ્વારા ઇલેક્ટ્રોન ફરી સોલાર સેલના નીચલા હિસ્સામાં અણુ સાથે ભળવા માટે જાય છે અને ફરી સૂર્યપ્રકાશના ફોટોન કણો તેમને કેરમ બોર્ડની કૂકરી પેઠે ઉપર ધકેલે છે. આ રમત ત્યાર પછી અટકતી નથી.

આ રમતનો પહેલો વહેવારુ અને સફળ અખતરો રશિયાના 'સ્પુતનિક' પછી બીજે વર્ષે લોન્ચ થયેલા અમેરિકન સેટેલાઇટ 'વેન્ગાર્ડ-૧' પર કરવામાં આવ્યો. સોલાર સેલનાં માત્ર ૬ પતીકાં વપરાયાં, જે 'વેન્ગાર્ડ-૧'ની બેટરીના એકધારા ચાર્જિંગ માટે પર્યાપ્ત નીવડ્યાં. આજે પચાસેક વર્ષ પછી આવા ફોટોવૉલ્ટેઇક સેલ વૈકલ્પિક એનર્જીના સ્રોત તરીકે વ્યાપક રીતે વપરાય છે. સેલની મર્યાદા હોય તો એ કે તેમના દ્વારા સૂર્યપ્રકાશનું વીજળીમાં થતું રૂપાંતર ૧૨% થી ૧૫% કરતાં વધારે હોતું નથી. પરંતુ એ પ્રશ્ન ટેક્નોલોજિનો છે, વિજ્ઞાનનો નહિ. વિજ્ઞાનનું ફાટક તો આઇનસ્ટાઇને ક્યારનું ખોલી નાખ્યું છે.■



# 8



# નોબલ ચૂકી ગયેલો સાપેક્ષવાદ

સ્વિટ્ઝરલેન્ડની પેટન્ટ ઓફિસ ખાતે ફરજ બજાવતા આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને ૧૯૦૫માં સ્પેશ્યલ થિઅરી ઓફ રિલેટિવિટી રજૂ કરી ત્યારે ભૌતિકવિજ્ઞાનના જગતમાં મોટો ભૂકંપ થયો અને બીજો ધરતીકંપ તેણે ૧૯૧૫માં જનરલ થિઅરી ઓફ રિલેટિવિટી વડે સર્જ્યો. સાપેક્ષવાદના એ બન્ને સિદ્ધાંતો કોમન સેન્સને પડકારે તેવા હતા, પણ સાયન્સની દૃષ્ટિએ ક્રાંતિકારી હતા. અંતરિક્ષ, સમય, અંતર, પ્રકાશ, એનર્જી, ગુરુત્વાકર્ષણ, દળ વગેરેને લગતા સ્થાપિત ખ્યાલોનું તેમણે સામટું ખંડન કરી નાખ્યું. આ સિદ્ધાંતોમાં આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને કેટલીક એવી બાબતો આગળ ધરી કે જે લોકોએ કદી જાણી ન હતી, સાંભળી ન હતી અને કલ્પી પણ ન હતી.




પ્રથમ દૃષ્ટાંત તરીકે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી અંગેની બાબતો: (૧) ઊર્જા અને પદાર્થ વચ્ચે કશો ફરક નથી. માત્ર નામરૂપ જૂજવાં છે, માટે $E=mc^2$ સૂત્ર મુજબ પદાર્થને ઊર્જામાં અને $m=E/c^2$ સૂત્ર મુજબ ઊર્જાને પદાર્થમાં ફેરવી શકાય છે. (૨) અતિશય ઝડપે પ્રવાસ ખેડતી ૧૨"ની ફૂટપટ્ટી પ્રવાસની દિશામાં સંકોચન પામે,



એટલે તેના નિરીક્ષકને ૬"ની દેખાય છે. (૩) પ્રકાશના સેકન્ડદીઠ લગભગ ૩,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરના વેગને તેના સ્રોતની ઝડપ સાથે કશો સંબંધ નથી. દા.ત. ટોર્ચલાઇટ પ્રતિસેકન્ડે ૧,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરના વેગે આગળ વધતી હોય કે ૧,૦૦,૦૦૦ કિલોમીટરના વેગે પાછળ જતી હોય તો પણ તેના પ્રકાશની ઝડપ અનુક્રમે ૪,૦૦,૦૦૦ અને ૨,૦૦,૦૦૦ થતી નથી. (૪) તેજ રફતારે સફર કરતા અવકાશયાત્રી માટે સમય ધીમો વહે છે. સ્પીડ જો પ્રકાશવેગના ૯૯.૯% જેટલી હોય તો પૃથ્વીના કેલેન્ડર મુજબ ૧૫ વર્ષ પસાર થાય એ દરમ્યાન અવકાશયાત્રીની વયમાં માત્ર ૬ મહિનાનો વધારો થયો હોય છે. (૫) પદાર્થ જેમ વધુ ગતિશીલ એમ તે વધુ દળદાર બને. પ્રકાશવેગે તે દળ અનંત/infinite થાય છે. (૬) પ્રકાશના વેગને આંબી લેવાનું શક્ય નથી. (૭) ગતિ જેમ વધારતા જાઓ તેમ પ્રવેગ માટે ક્રમશઃ વધુ ને વધુ ગુણોત્તરમાં એનર્જી જોઇએ. ઉદાહરણ તરીકે ૧,૦૦૦ કિલોગ્રામના સેટેલાઇટનો વેગ પ્રકાશની સ્પીડના ૧૦% જેટલો પણ કરવો હોય તો ૧૦૦ મેગાવોટનું પાવરમથક ૧૫૦ વર્ષમાં પેદા કરે એટલા પુરવઠા જેટલી એનર્જી કામે લગાડ્યા વગર એ શક્ય ન બને.

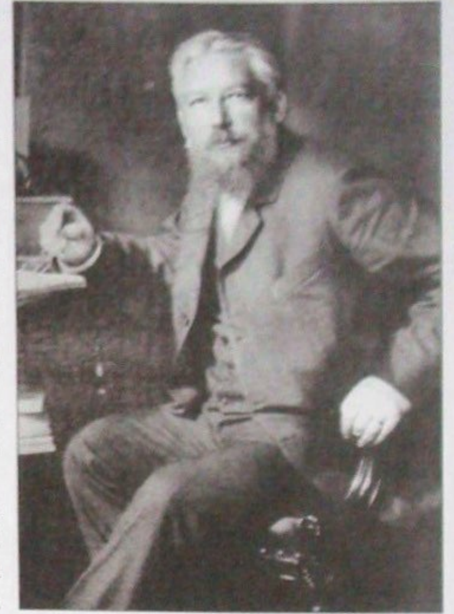
આ બધાં કૌતુકપ્રેરક તારણો આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનાં છે. સામાન્ય બુદ્ધિ સાથે કદાચ બંધબેસતાં ન આવે, પણ સાચાં છે અને સાબિત થયેલાં છે. આઇનસ્ટાઇને જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીમાં પણ વર્ણવેલા બુનિયાદી મુદા એવા છે કે જેમનો સામાન્ય બુદ્ધિ સાથે જલદી મેળ ખાય નહિ. આ થિઅરી મુજબ...

(૧) ગુરુત્વાકર્ષણ એ પદાર્થનો અંતર્ગત ગુણધર્મ નથી. પૃથ્વી સૂર્ય ફરતે પ્રદક્ષિણા કરે છે, કેમ કે સૂર્યએ પોતાના દળ/mass થકી અવકાશી ચાદરમાં ગોબો





પાડ્યો છે અને કાચના બાઉલમાં લખોટી ચક્કરો કાપે તેમ પૃથ્વી તે ગોબામાં સૂર્યની પ્રદક્ષિણા કરે છે. (૨) કોઇ માહિતી કે વસ્તુ પ્રકાશવેગ કરતાં વધુ ઝડપે પ્રવાસ કરી શકે નહિ. આથી સૂર્ય રખે અદૃશ્ય થાય તો પૃથ્વીને તેની પકડમાંથી તત્કાળ છુટકારો મળે નહિ. બરાબર ૮ મિનિટ અને ૨૦ સેકન્ડ પછી તે મુક્તિ પામે. ટૂંકમાં, સૂર્ય અંતર્ધ્યાન થતાવેંત પૃથ્વી આઝાદ થાય એમ કહેનાર ન્યૂટન જનરલ થિઅરી મુજબ ખોટો ઠરે છે. (૩) પ્રકાશ સીધી લીટીમાં પ્રવાસ ખેડતો નથી, બલકે ગ્રહો અને તારા થકી અવકાશી ચાદરની ભૂમિતિને અનુસરે છે. (૪) ગુરુત્વાકર્ષણના કેંદ્રની જેટલા નજીક હો એટલો સમય ધીમો પડે છે. મકાનના પચ્ચીસમા મજલાની ઘડિયાળ કરતાં ભોંયતળિયાની ઘડિયાળ સહેજ ધીમી ચાલે, કારણ કે તે પૃથ્વીના ગુરુત્વીય કેંદ્રની વધુ નજીક છે. ગુરુત્વાકર્ષણ અનંત/infinite હોય ત્યારે તો સમય તદન સ્થગિત રહે છે. બ્લેક હોલ તેનો દાખલો છે.



■ સાપેક્ષવાદના સિદ્ધાંત બદલ આઇનસ્ટાઇનને નોબલ પ્રાઇઝ અપાવવાની ભલામણ કરનાર જર્મન રસાયણશાસ્ત્રી વિલ્હેમ ઓસ્ટવાલ્ડ

આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને સાપેક્ષવાદના અનુક્રમે ૧૯૦૫માં અને ૧૯૧૫માં રજૂ કરેલા બન્ને સિદ્ધાંતો ભૌતિકવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે અભૂતપૂર્વ સીમાચિહ્નો હતાં. દરેક માટે તેને વારાફરતી અકેક જુદું નોબલ પારિતોષિક અપાય તો પણ ખોટું ન હતું. હકીકતમાં સાપેક્ષવાદને લગતાં બે નહિ, કમ સે કમ એક પારિતોષિક વડે તેનું સન્માન કરવાનો પ્રસ્તાવ હંમેશાં ટલ્લે ચડતો રહ્યો. દરેક મોકે બીજા વિજ્ઞાનીઓના પૂર્વગ્રહો અને ગજગ્રાહો તેનું બહુમાન થવાની સંભાવનામાં વિઘ્ન નાખતા રહ્યા. સ્વીડનના આલ્ફ્રેડ નોબલે સ્થાપિત કરેલા વાર્ષિક ઇનામને લગતી વિધિ લાંબી છે. ભૌતિકશાસ્ત્ર, તબીબીવિજ્ઞાન, રસાયણશાસ્ત્ર વગેરે ક્ષેત્રોના પ્રતિષ્ઠિત સૂચનકારો તેમની પસંદગીના ઉમેદવારનું નોમિનેશન કરે અને ભલામણનો પત્ર નોબલ સમિતિને જે તે વર્ષની ૧ ફેબ્રુઆરી પહેલાં મોકલી દે. (ઉમેદવાર ખુદ પોતાનું નામ સૂચવી શકે નહિ). ઉમેદવારે

અમુક ક્ષેત્રમાં મેળવેલી સિદ્ધિની ત્યાર બાદ નિષ્ણાતો દ્વારા છણાવટ થાય, સિદ્ધિને પ્રમાણભૂત ઠરાવતા પુરાવા તપાસી જોવાય અને પછી સપ્ટેમ્બરમાં કે ઓક્ટોબરની શરૂઆતે નિષ્ણાતોની ટીમ પોતાનો રિપોર્ટ નોબલ કમિટિને સુપરત કરી દે. આખરે નવેમ્બરની ૧લી તારીખે જાહેર કરાય કે વીતેલા વર્ષનો કયા ક્ષેત્રનો નોબલ ખિતાબ કોને મળ્યો. દા.ત. જાહેરાત ૧૯૨૨માં થાય તો પારિતોષિક ૧૯૨૧ના વર્ષનું ગણવું રહ્યું. ઇનામના વિતરણની તારીખ : ૧૦મી ડિસેમ્બર.

આઇનસ્ટાઇનની ૧૯૦૫ના વર્ષની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઓફ રિલેટિવિટી બદલ જર્મન રસાયણશાસ્ત્રી વિલ્હેમ ઓસ્ટવાલ્ડે ૧૯૧૦માં તેનું નામ સૂચવતું નોમિનેશન ફોર્મ ભરી મોકલ્યું. આ સાયન્ટિસ્ટ પોતે આગલે વર્ષે રસાયણશાસ્ત્રના ક્ષેત્રે નોબલનો ચાંદ મેળવી ચૂક્યો હતો. (આઇનસ્ટાઇનના પિતાએ વર્ષો પહેલાં આઇનસ્ટાઇનને કશીક નોકરી અપાવવા વિલ્હેમ ઓસ્ટવાલ્ડને વિનંતીપત્ર લખેલો, જેનો પ્રત્યુત્તર મળ્યો ન હતો). સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો મેથેમેટિકલ પુરાવો આઇનસ્ટાઇન પોતે રજૂ કરી ચૂક્યો હતો અને વ્યાપક રીતે તેને સમર્થન મળ્યું હતું. નોબલ સમિતિએ જેમની સલાહ માગી તે પરામર્શક વિજ્ઞાનીઓ જો કે પ્રેક્ટિકલ સાબિતીના આગ્રહી હતા. આ જાતનું પરીક્ષણ કરવાનું ત્યારે શક્ય ન હતું. (પદાર્થને $E=mc^2$ના સૂત્ર મુજબ એનર્જીમાં ફેરવી શકાય તેનો પુરાવો છેક ૧૯૩૯માં યુરેનિયમના અણુના સફળ ખંડન પછી મળ્યો). નોબલ સમિતિના નિષ્ણાતો છેવટે એવા નિર્ણય પર આવ્યા કે સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી માટે આઇનસ્ટાઇનને નોબલ વડે નવાજી શકાય નહિ.

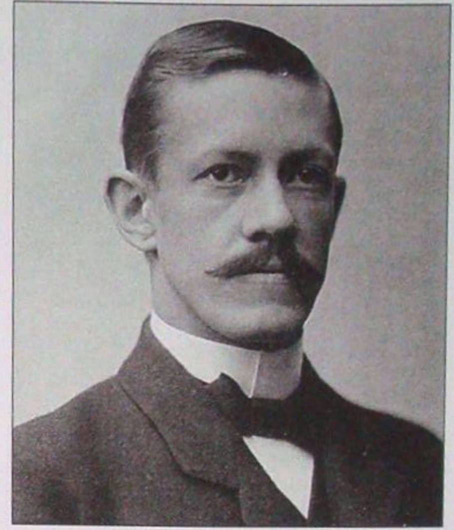
આ પારિતોષિક માટે આઇનસ્ટાઇનનું નામ ત્યાર પછી વર્ષોવર્ષ સૂચવાતું રહ્યું, પણ સ્પેશ્યલ થિઅરીના ટેકેદારો કરતાં ટીકાકારોનું પલ્લું ભારે હતું. ૧૯૧૫માં સાપેક્ષવાદની જનરલ થિઅરી રજૂઆત પામી. આ થિઅરીનું મજેદાર પાસું એ કે સૂર્ય જેવા દળદાર ગોળાએ રબ્બરિયા અવકાશી ચાદરમાં જે ગોબો રચ્યો હોય તેનો મરોડ પ્રકાશનાં કિરણોને આપોઆપ વળાંક આપી દે. ખરેખર આવું થાય કે કેમ તેની ચકાસણી કરવાની તક ભૌતિકશાસ્ત્રના નિષ્ણાતોને મે ૯, ૧૯૧૯ના રોજ સાંપડી, જે દિવસ ખગ્રાસ સૂર્યગ્રહણનો હતો અને સૂર્ય પાછળ રહેલો ક્યાંય દૂરનો તારો સૂર્યની કિનાર પાસે ડોકાવાનો હતો. બ્રિટનનો પ્રખ્યાત ભૌતિકશાસ્ત્રી આર્થર એડિંગ્ટન પરીક્ષણ માટે પોતાના સહયોગીઓ જોડે દક્ષિણ અમેરિકા ગયો અને ગ્રહણ વખતે તારાના દિશાસ્થાન ચીંધી બતાવતી સંખ્યાબંધ તસવીરો લીધી. અંતે જોયું કે સૂર્ય પાસે તારાનાં પ્રકાશકિરણોએ સૂર્યએ રચેલા અવકાશી ગોબાના મરોડને અનુસરી દિશા બદલી હતી.

આ પ્રયોગ દ્વારા જનરલ થિઅરી સાચી હોવાની સાબિતી મળી, એટલે કમ સે કમ એ થિઅરી માટે આઇનસ્ટાઇનને ભૌતિકશાસ્ત્રનું નોબલ પારિતોષિક આપી શકાય તેમ હતું. બન્યું એવું કે ખગ્રાસ સૂર્યગ્રહણનો અભ્યાસ કરનાર બીજી સંશોધક ટીમને જનરલ થિઅરીની આંકડાકીય ગણતરી મુજબનો તારાનાં પ્રકાશકિરણોનો વળાંક જણાયો ન હતો. સહેજ ફરક રહી ગયો હતો. આ કારણસર નોબલ સમિતિએ બીજે વર્ષે (૧૯૨૦માં) આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનને ભૌતિકશાસ્ત્ર અંગેના પારિતોષિક માટે ગેરલાયક ઠરાવ્યો. ઇનામ ચાર્લ્સ ગિલોમ નામના





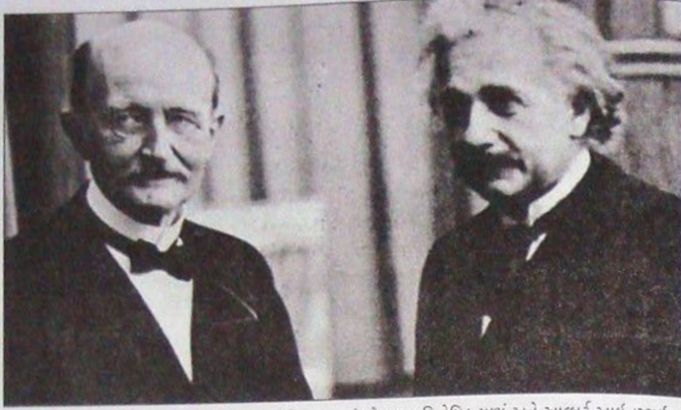
સાયન્ટિસ્ટને આપ્યું. ગિલોમની 'સિદ્ધિ' એ કે તેણે નિકલની અને સ્ટીલની મિશ્ર ધાતુમાં કેટલીક અસંગતિઓ શોધી કાઢી હતી. ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રે તે શોધનું ભાગ્યે જ કશું મહત્ત્વ લેખાય, માટે આઇનસ્ટાઇનના વિકલ્પ તરીકે નોબલ સમિતિએ ગિલોમની પસંદગી કરી એ ઘણા વિજ્ઞાનીઓને અજૂગતું લાગ્યું. આઇનસ્ટાઇનના સાપેક્ષવાદને જેમણે હજી સમર્થન નહોતું આપ્યું તેવા કેટલાક ભૌતિકનિષ્ણાતોને પણ લાગ્યું કે નોબલ સમિતિનું પગલું વાજબી ન હતું. સમિતિ પર વધુ પ્રભાવ સાપેક્ષવાદ અંગે સંશય ધરાવતા તેના પરામર્શક ભૌતિકનિષ્ણાતોનો હતો. આઇનસ્ટાઇન ખ્રિસ્તીને બદલે યહૂદી હોવાને લીધે તેના પ્રત્યે અમુક હદે પૂર્વગ્રહનું વાતાવરણ હતું.



■ આઇનસ્ટાઇનને નોબલ પ્રાઇઝ માટે ગેરલાયક ઠરાવનાર ઓલ્વર ગલસ્ટ્રાન્ડ

વિજ્ઞાનજગતમાં બીજે વર્ષે આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનના તરફદારો વધ્યા અને જુદા જુદા ૧૪ વિજ્ઞાનીઓએ પારિતોષિક માટે તેના નોમિનેશન તરીકે ભલામણ પત્રો નોબલ સમિતિને મોકલ્યા. વર્ષ ૧૯૨૧નું હતું. આ વખતે સમિતિએ સાપેક્ષવાદનું વૈજ્ઞાનિક મૂલ્યાંકન કરવાની જવાબદારી સ્વીડિશ અકાદમીના સભ્ય ઓલ્વર ગલસ્ટ્રાન્ડને સોંપી. આ પગલાને તો હાસ્યાસ્પદ જ ગણવું રહ્યું, કેમ કે ગલસ્ટ્રાન્ડ ભૌતિકશાસ્ત્રીને બદલે તબીબીશાસ્ત્રી હતો અને સાપેક્ષવાદ બાબતે તેને જરાય ટપ્પો પડતો ન હતો. નવા વિષયના નવા નિશાળિયા તરીકે સ્પેશ્યલ થિઅરી અને જનરલ થિઅરી વિશે કેટલો અભ્યાસ કર્યો તે કોણ જાણે, પરંતુ ચુકાદામાં જણાવી દીધું કે બન્ને થિઅરીઓ દમ વગરની હતી. નોબલ સમિતિએ તેના મંતવ્યને સ્વીકારી પણ લીધું. ઓલ્વર ગલસ્ટ્રાન્ડના શબ્દો હતા : 'આખી દુનિયા આઇનસ્ટાઇનને નોબલ પ્રાઇઝ આપવાની માગણી કરે તો પણ હરગીઝ ન આપવું જોઇએ.'

ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રે ૧૯૨૧ના વર્ષનું નોબલ પ્રાઇઝ કોને આપવું તે મુદ્દા પર ખાસ્સો વિવાદ જાગ્યો અને નોબલ સમિતિ માટે તો પ્રતિષ્ઠાનો સવાલ જાગ્યો. સમિતિના મેમ્બરોની સ્થિતિ મૂંઝવણભરી હતી. એક તરફ સાપેક્ષવાદને પુષ્ટિ આપતા લગડી પુરાવાનો અભાવ



■ ભૌતિકશાસ્ત્રના બે ખેરખાં : મેક્સ પ્લાન્ક, જેને ૧૯૧૮નું નોબલ પારિતોષિક મળ્યું અને આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈન, જેને ૧૯૨૧નું નોબલ પ્રાઈઝ અપાયું--પરંતુ સાપેક્ષવાદના સિદ્ધાંત માટે નહિ !

હતો, જ્યારે બીજી તરફ એ સિદ્ધાંત બદલ આઈનસ્ટાઈને મેળવેલી આંતરરાષ્ટ્રીય ખ્યાતિ જોતાં તેને લાંબો સમય અવગણવાનું શક્ય ન હતું. એક ફ્રેન્ચ ભૌતિકશાસ્ત્રીએ ૧૯૨૨માં (વર્ષ ૧૯૨૧ માટે) આઈનસ્ટાઈનનું નોમિનેશન મોકલતી વખતે પત્રમાં લખ્યું: 'જરા કલ્પના કરો કે નોબલ વિજેતાઓની યાદીમાં આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનનું નામ ન હોય તો આજથી પચાસ વર્ષ પછી (નોબલ પ્રાઈઝ વિશે) જનસામાન્ય મત શો હશે?'

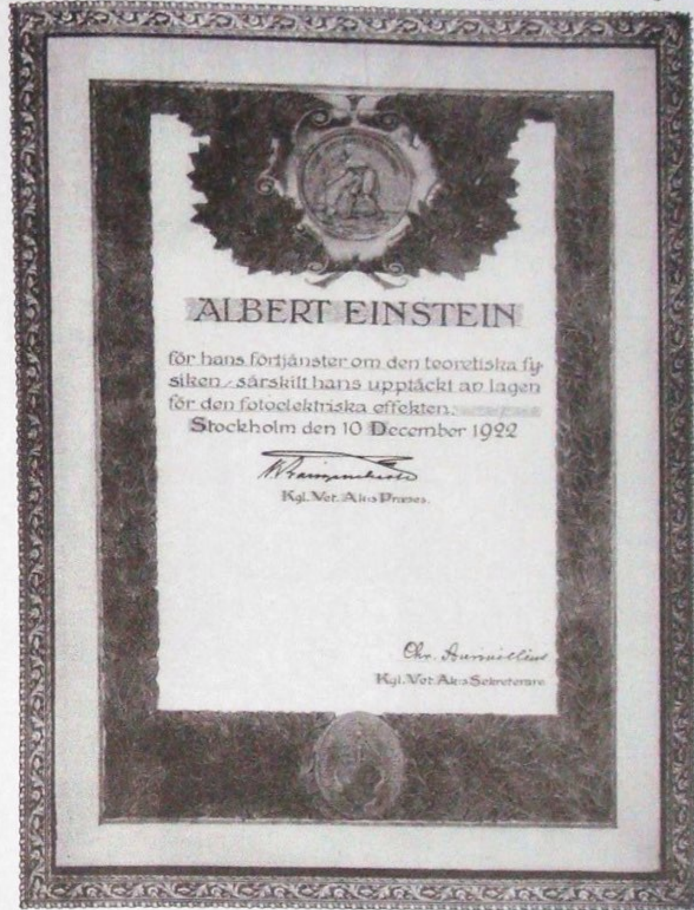
સંજોગોવશાત્ થયું એવું કે ૧૯૨૨માં જ કાર્લ ઓસિન નામનો સ્વીડિશ ભૌતિકશાસ્ત્રી નોબલ સમિતિના મેમ્બર તરીકે નિમણૂંક પામ્યો. ઈનામને લગતો મૂંઝવણભર્યો પ્રશ્ન તેણે આઈનસ્ટાઈનની બીજી શોધને બિરદાવવાનો પ્રસ્તાવ મૂકી દૂર કરી આપ્યો. શોધ ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઈફેક્ટ અંગેની હતી. વર્ષો પહેલાં આઈનસ્ટાઈને પ્રકાશના ફોટોન કણોને એનર્જીના 'પેકેટ' તરીકે ઓળખાવ્યા હતા. ધાતુ પર સૂર્યપ્રકાશના ફોટોનનો પ્રહાર થાય ત્યારે કેરમના સ્ટ્રાઈકરની જેમ તે ઈલેક્ટ્રોનને ટક્કર મારી પદભ્રષ્ટ કરે અને ઘણા બધા ઈલેક્ટ્રોન્સ સરવાળે ઈલેક્ટ્રિસિટી તરીકે વહેવાનું શરૂ કરી દે. આને ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઈફેક્ટ કહેવાય, જેની વૈજ્ઞાનિક સાબિતી મળી ચૂકી હતી. નોબલ સમિતિના નવા સભ્ય કાર્લ ઓસિને બાકીના મેમ્બરોને સૂચવ્યું કે ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઈફેક્ટને લગતું સમીકરણ રચ્યા બાદ આઈનસ્ટાઈનને ૧૯૨૧ના વર્ષનું ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રનું નોબલ ઈનામ આપી દો.

છેવટે એમ જ બન્યું. આઈનસ્ટાઈનને વિજેતા જાહેર કરવામાં આવ્યો. નોંધવા જેવી વાત એ છે કે પારિતોષિક થિઅરી માટેનું નહિ, પણ સમીકરણ માટેનું હતું. ઈનામના પ્રશસ્તિપત્રમાં (સામેનો ફોટો) 'સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રે યોગદાન આપવા બદલ અને





ખાસ કરીને ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઈફેક્ટ સમજાવવા બદલ' એવા શબ્દો લખવામાં આવ્યા હતા. 'થિઅરી' શબ્દનો ઉલ્લેખ ન હતો. આઈનસ્ટાઈનને જણાવી દેવાયું કે પારિતોષિકના વિતરણ સમારંભમાં તેણે માત્ર ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઈફેક્ટ વિશે બોલવાનું હતું. સાપેક્ષવાદ અંગે કશું જ



ALBERT EINSTEIN

för hans förtjänster om den teoretiska fysiken, särskilt hans upptäckt av lagen för den fotoelektriska effekten.

Stockholm den 10 December 1922

Kgl. Vet. Aka Praes.

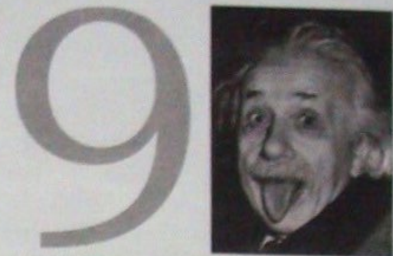
Kgl. Vet. Aka Sekreterare

નહિ. ડિસેમ્બર ૧૦, ૧૯૨૨ના રોજ સમારંભ યોજાયો ત્યારે જાપાનનો પ્રવાસ કરી રહેલો આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇન સ્વીડનના પાટનગર સ્ટોકહોમ ખાતે હાજરી આપી ન શક્યો, પણ જે પ્રવચન તેણે લખી રાખેલું એ કેટલાક સમય પછી સ્વીડનમાં જ ગોથેનબર્ગ શહેરમાં બીજા સમારંભમાં વાંચી સંભળાવ્યું. પ્રવચનનો વિષય : સાપેક્ષવાદ.

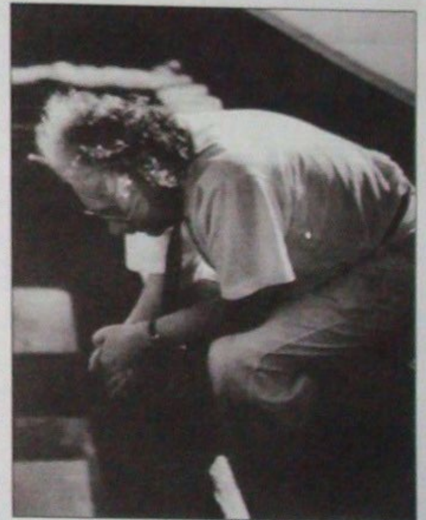
જણાઇ આવે છે કે ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટને લગતું સમીકરણ રચી બતાવવું તે આઇનસ્ટાઇનને મન સાપેક્ષવાદની તુલનાએ ગૌણ સિદ્ધિ હતી. (આજે વપરાતા સોલાર સેલના કાર્યમાં તે ઇફેક્ટ રહેલી છે). વિજ્ઞાની તરીકે શ્રેષ્ઠ ખિતાબો-ચંદ્રકો કયા મળ્યા તેનું મહત્તાના ક્રમમાં લિસ્ટ બનાવવાનું ડો. આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનને કહેવાયું ત્યારે પહેલો નંબર તેણે પ્રખ્યાત સાયન્ટિસ્ટ મેક્સ પ્લાન્કના નામે અપાતા મેક્સ પ્લાન્ક મેડલનો ગણાવ્યો. મહત્તાની દષ્ટિએ ઘટતા ક્રમમાં બીજા ખિતાબો-ચંદ્રકો જણાવ્યા, પણ નોબલ પારિતોષિક તેની સૂચિમાં ન હતું. દેખીતું કારણ એ કે તે સાપેક્ષવાદ બદલ મળ્યું ન હતું. વિજ્ઞાનજગતનો સૌથી ક્રાંતિકારી સિદ્ધાંત કદર પામ્યા વગરનો રહી ગયો હતો. ■



9



# 7 બ્લન્ડર્સ ઑફ આઇનસ્ટાઇન

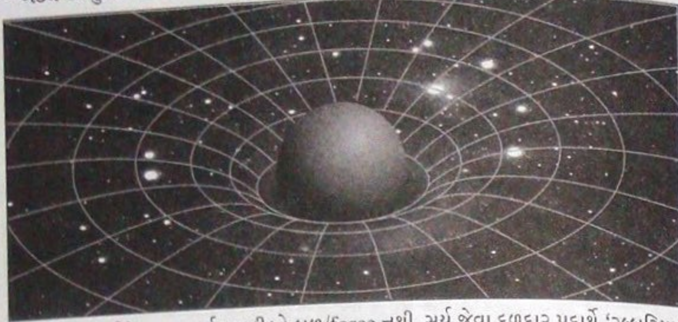


વિશ્વના સૌથી મહાન વિજ્ઞાની ગણાતા આઇઝેક ન્યૂટને ૧૬૮૭માં ગુરુત્વાકર્ષણના સિદ્ધાંતો આલેખ્યા પછી સવા બસ્સો વર્ષ લગી વિજ્ઞાનજગત તેમને કાયમી શિલાલેખ સમજતું રહ્યું. રોકેટ લોન્ચિંગથી માંડીને નદી પર ગ્રેવિટી બંધ ચણવા સુધી તમામ કારોબાર એ જ સિદ્ધાંતો મુજબ ચાલ્યો. સૌના આશ્ચર્ય વચ્ચે આઇનસ્ટાઇને ૧૯૦૫માં પોતાની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી વડે અને પછી ૧૯૧૫માં જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી દ્વારા ન્યૂટનને પદભ્રષ્ટ કરી નાખ્યો.

આ રીતે : ન્યૂટનના મતે સૂર્યનું અસ્તિત્વ જો એકાએક મટી

જાય તો તેના ગુરુત્વાકર્ષણના બંધનમાં જકડાયેલી પૃથ્વી એ જ ક્ષણે (રિપીટ : એ જ ક્ષણે) મુક્ત બને. સૂર્યની પ્રદક્ષિણા લેવાનું તાત્કાલિક બંધ કરી સીધી લીટીમાં બાહ્યાવકાશ તરફ જવા લાગે, જ્યાં તે માર્ગ વચ્ચે આવતા બીજા તારાની હાથકડીમાં ન સપડાય ત્યાં સુધી તેનો પ્રવાસ અટકે નહિ. આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈને કહ્યું કે પૃથ્વી તાત્કાલિક મુક્ત ન થાય, કેમ કે સ્પેશ્યલ થિઅરી મુજબ બ્રહ્માંડમાં 'માહિતી' પ્રકાશવેગ કરતાં વધુ ઝડપે ગતિ કરી શકે નહિ. ગુરુત્વાકર્ષણનાં મોજાં એ સૂર્ય દ્વારા ટ્રાન્સમીટ થયેલી માહિતી છે. સૂર્યનો પ્રકાશ લગભગ ૮ મિનિટે પૃથ્વી સુધી પહોંચે છે, માટે સૂર્યએ અંતર્ધ્યાન બનતા પહેલાં ગુરુત્વાકર્ષણનાં જે છેલ્લાં મોજાં રવાના કર્યાં હોય તેઓ આઠમી મિનિટ સુધી પૃથ્વીને છટકવા ન દે.

આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનની સ્પેશ્યલ થિઅરી પછી જનરલ થિઅરીએ ન્યૂટનનું પત્તું જુદી રીતે કાપી નાખ્યું. ન્યૂટનના સિદ્ધાંત મુજબ પદાર્થનું ગુરુત્વાકર્ષણ તેના દળ વડે નક્કી થાય છે --એટલે કે ગુરુત્વાકર્ષણ બળ પદાર્થનો અંતર્ગત ગુણધર્મ છે. આઈનસ્ટાઈને જનરલ થિઅરી



દ્વારા સાબિત કર્યું કે ગુરુત્વાકર્ષણ હકીકતે બળ/force નથી. સૂર્ય જેવા દળદાર પદાર્થે 'રબ્બરિયા' અવકાશી ચાદરમાં ગોબો રચ્યો હોય છે અને ગ્રહો તે ગોબામાં સંડોવાયેલા રહી સૂર્ય ફરતે પ્રદક્ષિણા કરે છે. (જુઓ, ઉપર રજૂ કરેલું ગ્રાફિક). દૂધગંગાના સ્થિતિસ્થાપક ફેબ્રિકમાં સૂર્ય પોતે જેમ આગળ વધતો રહે તેમ ગોબો પાડતો જાય છે, એટલે 'ખાડે ગયેલા' દરેક ગ્રહે પણ તેની પાછળ દોરવાયા વગર આરો નહિ.

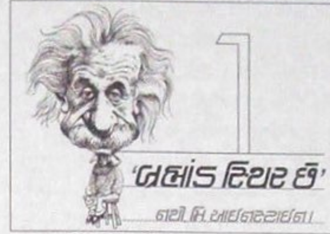
આઈનસ્ટાઈનના સાપેક્ષવાદને લગતી સ્પેશ્યલ અને જનરલ એમ બન્ને થિઅરીઓ ફૂલપ્રૂફ છે. વિજ્ઞાનીઓ તેમને બખ્તરબંધ સાબિતીઓ વડે પ્રતિપાદિત કરી ચૂક્યા છે. આઈનસ્ટાઈને પોતે કહેલું કે તેણે સાપેક્ષવાદ નામનું જે ચણતર કર્યું તેની એકાદ કાંકરી પણ ખરે તો આખું ચણતર કડડભૂસ બને. સાપેક્ષવાદ રજૂ થયા પછીનાં સોએક વર્ષ દરમ્યાન એકેય કાંકરી ખરી નથી.

અહીં જો કે સાપેક્ષવાદની વાત જવા દો. આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનની વાત કરો તો તેના ઘણા ખ્યાલો બેબુનિયાદ પૂરવાર થયા છે. ભલે બહુ પ્રસિદ્ધિમાં આવ્યા નથી, છતાં 'માઈન્ડ

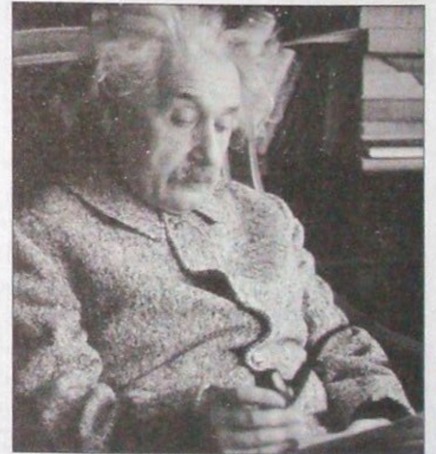




ઑફ ધ મિલેનિઅમ'નું બિરૂદ પામેલા આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનનો બહુ ચર્ચાયેલો બ્રેઈનપાવર જોતાં તેની અમુક ભૂલો માટે તો mistakeને બદલે blunder શબ્દ વાપરવો જોઈએ. આ રહી વૈજ્ઞાનિક બેકગ્રાઉન્ડ સાથેની યાદી :




**આ**ઈઝેક ન્યૂટને ૧૬૮૭ની સાલમાં ગુરુત્વાકર્ષણના સિદ્ધાંતો ઘડ્યા પછી ૨૨ વર્ષ સુધી જગત માટે અજાણ્યા રહ્યા, કેમ કે ન્યૂટને તેમનું પ્રકાશન મુલત્વી રાખ્યું. સિદ્ધાંતોમાં કેટલાક મહત્ત્વના પ્રશ્નોને તે થાળે પાડી શક્યો ન હતો, જેમાંનો મુખ્ય એ કે ગ્રહો અને તારા જેવા આકાશી ગોળા પોતાના ગુરુત્વાકર્ષણ વડે એકમેકને ખેંચતા હોવા છતાં બ્રહ્માંડ સ્થાયી અને સંતુલિત હોવાનું શું કારણ ? ખરેખર તો બધા અવકાશી ગોળા વચ્ચે અંતર ક્રમશઃ ઘટતું જાય અને સમેટાતું બ્રહ્માંડ અંતે કેન્દ્ર તરફ કડડભૂસ બને. આમ થવાને બદલે સૌ તારા જાણે અવકાશી ચંદરવા પર ટાંકેલાં બટનો હોય તેમ જ્યાંનાં ત્યાં ખોડાયેલા કેમ જણાતા હતા ? આ સ્થિતિ ગુરુત્વાકર્ષણના સિદ્ધાંતની વિરૂદ્ધ જતી હતી, એટલે વિજ્ઞાનના સહારે તેનો ખુલાસો આપી ન શકેલા ન્યૂટને છેવટે ઈશ્વરનો સહારો લીધો. ઈશ્વરનો અદૃશ્ય હાથ બ્રહ્માંડનું કેન્દ્રવર્તી પતન રોકતો હોવાનું તેણે જણાવી દીધું. આ નાઠાબારી જડ્યા પછી ૧૬૮૭માં Principia નામના પુસ્તકમાં ગુરુત્વાકર્ષણનો સિદ્ધાંત વર્ણવ્યો.



ઈશ્વરની આવી કથિત ભૂમિકા આઈનસ્ટાઈનને માનવાલાયક ન લાગી, કારણ કે તેમાં ભૌતિકશાસ્ત્રીય સાયન્સ ન હતું. અલબત્ત, ન્યૂટનની જેમ તેના મતે પણ દૃશ્ય બ્રહ્માંડ સ્થાયી અને સંતુલિત હતું. આમ છતાં તેણે પોતાની જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનાં જે સમીકરણો લડાવ્યાં તે બ્રહ્માંડના વહેલામોડા સંકોચન તરફ આંગળી ચીંધતાં હતાં. સમીકરણોના આધારે બીજા ભૌતિકનિષ્ણાતોએ મેળવેલો જવાબ પણ એ જ હતો--અને સહેજે હોવો જોઈએ.

ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ હંમેશાં આકર્ષણ સર્જે, અપાકર્ષણ નહિ. બીજી તરફ હકીકત એ કે બ્રહ્માંડનું વલણ જો સંકોચનનું હોય તો પોતાનો સાથરો તેણે દૂરના ભૂતકાળમાં ક્યારનો સમેટી લીધો હોત, પણ હજી તે સ્થિત:પ્રજ્ઞ જણાતી અવસ્થામાં મોજૂદ હતું.

આઇનસ્ટાઇન માટે જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી સંકટ બની, પણ ૧૯૧૫માં થિઅરી રજૂ કરી વિજ્ઞાનજગતમાં પુષ્કળ નામના અને વિશિષ્ટ સ્થાન મેળવ્યા પછી તેને એ પાછી ખેંચી શકે તેમ ન હતો. આથી ૧૯૧૭માં તેણે બ્રહ્માંડને સ્થાયી બતાવવા માટે પોતાનાં સમીકરણોમાં cosmological constant/ખગોળશાસ્ત્રીય અચળાંકનો સમાવેશ કર્યો, જે એન્ટિ-ગ્રેવિટીનો સૂચક હતો. માઇનસ પછી એટલા જ મૂલ્યનો પ્લસ લખીને માઇનસની નાબૂદી કરી એમ કહો તો ચાલે. આ કામ પોલી જગ્યાને રૂ વડે પૂરી દેવા જેવું ગણાય, છતાં કામ આઇન-સ્ટાઇનના હસ્તે થયું એટલે તેને સ્વીકારી લેવામાં આવ્યું. અચળાંક દ્વારા એમ ઠર્યું કે એકમેક પ્રત્યે આકર્ષાતા તારાના ગુરુત્વાકર્ષણ વડે બ્રહ્માંડ સંકોચાવા મથતું હતું, પરંતુ cosmological constant નામના પ્રતિ-ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ તેને ફસકવા દેતું ન હતું.

આ કહેવાતા અચળાંકને રશિયન ભૌતિકશાસ્ત્રી એલેક્ઝાન્ડર ફ્રિડમાને પડકાર્યો એટલું જ નહિ, પણ ખુદ આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનનાં સમીકરણો વાપરી તેણે સાવ વિરોધી જવાબ તારવ્યો કે બ્રહ્માંડ સંકોચાવાને બદલે વિસ્તરતું હોવું જોઇએ. ૧૯૨૨માં ફ્રિડમાને પોતાનો દલીલ-દાખલા સાથેનો અભ્યાસલેખ જર્મનીના પ્રતિષ્ઠિત સાયન્સ મેગઝિનમાં છપાવ્યો, જે વાંચી આઇનસ્ટાઇન પોતાનો અણગમો વ્યક્ત કર્યા વગર રહી શક્યો નહિ. મેગેઝિનને તેણે પત્ર લખ્યો :

■ આઇનસ્ટાઇનના ખગોળશાસ્ત્રીય અચળાંકને પડકારનાર રૂસી ભૌતિકશાસ્ત્રી એલેક્ઝાન્ડર ફ્રિડમાન



*‘અસ્થાયી બ્રહ્માંડ અંગે (ફ્રિડમાનનો) દાવો મને શંકાસ્પદ જણાય છે. હકીકતમાં જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીની ફોર્મ્યુલા સાથે તેનો મેળ જ બેસતો નથી.’*

ફ્રિડમાન મક્કમ હતો. આઇનસ્ટાઇન પણ નમતું જોખવા તૈયાર ન હતો. બ્રહ્માંડ ચોતરફ ફેલાતું હોય એ તેના મતે અશક્ય વાત હતી. બ્રહ્માંડ માત્ર આપણી મંદાકિની દૂધગંગાનું બનેલું હોવાનો ખ્યાલ એ જમાનામાં સર્વમાન્ય હતો. અમેરિકન ખગોળવિદ એડવિન હબલે ૧૯૨૩માં



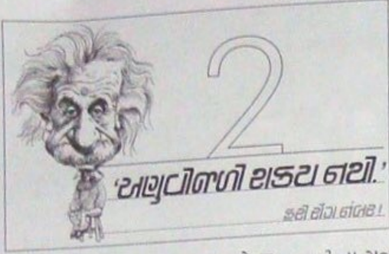


માઉન્ટ વિલ્સનના શિખરે નવા સ્થપાયેલા ૧૦૦’’ વ્યાસવાળા શક્તિશાળી ટેલિસ્કોપ વડે આકાશદર્શન કર્યું ત્યારે ખબર પડી કે દૂધગંગા પાસે બ્રહ્માંડનો છેડો આવી જતો ન હતો. દૂધગંગાની બહાર દેવયાની જેવી બીજી આકાશગંગાઓ પણ હતી. એડવિન હબલને વધુ મોટું આશ્ચર્ય તેમનાં પ્રકાશકિરણોનું સ્પેક્ટ્રોસ્કોપિક પૃથક્કરણ કર્યા પછી મળ્યું. બધી આકાશગંગાઓ કલાકના લાખો કિલોમીટરના વેગે એકેબીજીથી દૂર ભાગી રહી હતી. આકાશગંગા નં. ૧ કરતાં આકાશગંગા નં. ૨ જો બમણા અંતરે હોય તો તેનો દૂર જવાનો વેગ પણ બમણો હતો. હકીકતે આકાશગંગાઓ બ્રહ્માંડના અદૃશ્ય ફલકમાં ‘ખૂંપેલી’ હોય, માટે તેઓ પોતાના સ્વતંત્ર વેગે દૂર ભાગે નહિ. આમ છતાં, તેમનું વિકેન્દ્રીકરણ થતું હતું, જેનો અર્થ એ કે ખુદ બ્રહ્માંડ વિસ્તરતું હતું. ફૂલાવવામાં આવતા ટીપકીદાર ફુગ્ગા પરનાં ટપકાં વચ્ચેનું અંતર વધ્યા કરે એ રીતે આકાશગંગાઓ વચ્ચેનો ફાસલો સતત વધતો હતો.



■ *ખગોળશાસ્ત્રી એડવિન હબલે વિજ્ઞાનજગતને પહેલી વાર એ વાતનો પુરાવો આપ્યો કે બ્રહ્માંડ સતત વિસ્તરી રહ્યું છે—અને વિસ્તરણનો વેગ બેસુમાર છે*

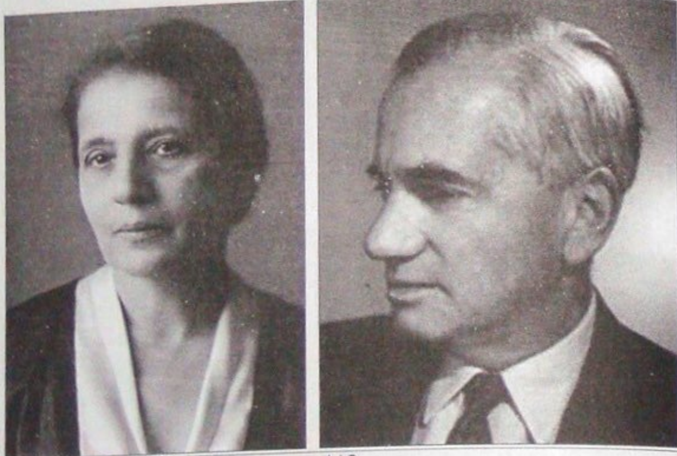
એડવિન હબલે કરેલી શોધે આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનના cosmological constant/ખગોળશાસ્ત્રીય અચળાંક પર ઠંડું પાણી રેડી દીધું. અચળાંક બ્રહ્માંડનું આઇસ્ટાઇનના મતે થતું સંકોચન રોકતું એન્ટિ-ગ્રેવિટી પરિબળ હતું, જ્યારે હકીકતમાં તો બ્રહ્માંડ સંકોચાવાને બદલે વિસ્તરી રહ્યું હતું. આઇનસ્ટાઇને ૧૯૩૧માં પોતાની ગફલત ‘My biggest blunder/મારી મોટામાં મોટી ભૂલ’ તરીકે કબૂલી. મિસ્ટેકને બદલે બ્લન્ડર શબ્દ તેણે વાપર્યો, કેમ કે ભૂલ રીતસરનો છબરડો વાળ્યા જેવી હતી. આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનને ખુદ તેની જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીએ વૈજ્ઞાનિક રીતે ખોટો સાબિત કર્યો હતો.




સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીમાં આઇનસ્ટાઇને પદાર્થ m તેમજ એનર્જી/E એકબીજાનાં માત્ર જુદાં સ્વરૂપો હોવાનું જણાવ્યું. માનો કે બેયને જોડતું અદૃશ્ય બોગદું હતું, જેના વાટે આવનજાવન કરી પદાર્થ ઊર્જા બનતો હતો અને ઊર્જા પદાર્થનું સ્વરૂપ પામતી હતી. થિઅરી મુજબ ટુ-વે ટ્રાફિક શક્ય હતો. મતલબ કે $E = mc^2$ ના સૂત્ર અનુસાર પદાર્થ ઊર્જામાં ફેરવાય અને ઊલટાવેલી $m = E \div c^2$ ફોર્મ્યુલા પ્રમાણે ઊર્જા પદાર્થ બને. પ્રકાશનો વેગ c વર્ગમાં (પ્રતિસેકન્ડે ૨,૯૯,૭૯૨ × ૨,૯૯,૭૯૨ કિલોમીટર) છે, જેની ગણતરી વખતે આંકડો બહુ મોટી સંખ્યાનો હોય છે.

પદાર્થ માટે રેડિયમના અણુનું દૃષ્ટાંત લઇએ. રેડિયમ કિરણોત્સર્ગી છે. ઊર્જા તરીકે આલ્ફા વિકિરણોને ઉત્સર્જિત કરી રેડોનના અણુમાં ફેરવાય છે, જેનું દળ રેડિયમના અણુ કરતાં સહેજ ઓછું હોય છે. દળના ઘટાડાનું પ્રમાણ ૦.૦૦૦૦૨૩% કરતાં વધારે હોતું નથી, માટે ૧ કિલોગ્રામ જેટલું રેડિયમ ૦.૯૯૯૯૭૭ કિલોગ્રામ રેડોનમાં રૂપાંતર પામે છે. ઊર્જા મુક્ત

■ લિઝ મેઇટનરે અને તેના ભત્રીજા ઓટો ફ્રિશે (નીચેના ફોટા) અણુ વિભાજનની થિઅરી ઘડી કાઢ્યા પછી એનરિકો ફર્મીએ (ફોટો, સામેના પાને) પ્રયોગશાળામાં તેમની થિઅરીને પ્રેક્ટિકલ સ્વરૂપ આપ્યું એ સાથે માનવજાત અણુશસ્ત્ર અને અણુઊર્જા એમ બેય યુગમાં એકસાથે પ્રવેશી



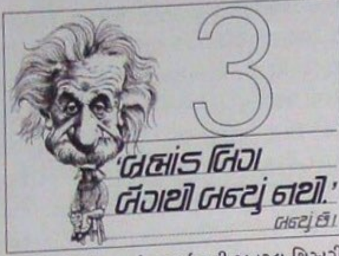




કર્યાના ખાતે રેડિયમ પોતાનું માત્ર ૦.૦૦૦૦૨૩ કિલોગ્રામ દળ ગુમાવે, પરંતુ $c^2$ કહેવાતો ગુણાંક બહુ મોટો છે. પરિણામે એ દળ ૨૦,૦૦,૦૦,૦૦,૦૦,૦૦૦ જૂલ એનર્જીમાં ફેરવાય છે--અને તે ૪૦૦ મેટ્રિક ટન TNT બારૂદ જેટલી છે. રેડિયમના અણુનું પ્રયત્નપૂર્વક વિભાજન કરવું પડતું નથી, કેમ કે એ કિરણોત્સર્ગી પદાર્થ કુદરતી રીતે વિસર્જિત થતો રહે છે. આ જાતનો ગુણધર્મ વધુમાં વધુ ભારે એવા યુરેનિયમના અણુનો નથી, એટલે વિભાજન માટે તેના પર ન્યૂટ્રોન પરમાણુનો મારો ચલાવવો જોઇએ. વિભાજન થાય ત્યારે કેટલુંક દળ એનર્જીમાં રૂપાંતર પામે, પણ $c^2$ નો ગુણાંક જોતાં ૧ કિલોગ્રામ જેટલા યુરેનિયમ દ્વારા મળતી ઊર્જા અંદાજે ૩૦,૦૦,૦૦૦ કિલોગ્રામ (૩,૦૦૦ મેટ્રિક ટન) કોલસાના દહન વડે પ્રાપ્ત થતી એનર્જી જેટલી હોય છે.

આ રીતે $E=mc^2$ ના સૂત્ર મુજબ એનર્જી પ્રાપ્ત કરવાનું આઇનસ્ટાઇનને શક્ય જણાયું નહિ. ૧૯૩૪માં તેણે જાહેર કર્યું કે સૂત્રને લાગુ પાડી અણુના વિભાજન દ્વારા જતે દહાડે વીજળી પેદા કરી શકાય 'એવો લેશમાત્ર સંભવ નથી'. પાંચ વર્ષ પછી જાન્યુઆરી, ૧૯૩૯માં ઓસ્ટ્રિયાની મહિલા ભૌતિકશાસ્ત્રી લિસ મેઇટનરે અને તેના સાથી ભૌતિકશાસ્ત્રી ઓટો ફ્રિશે યુરેનિયમ અણુનું વિભાજન કરવા માટેનો સિદ્ધાંત ઘડી કાઢ્યો ત્યારે આઇનસ્ટાઇન હેરત પામી ગયો. ૧૯૩૯માં જ તેણે અમેરિકાના પ્રમુખ ફ્રેન્કલિન રૂઝવેલ્ટને પત્ર લખ્યો કે હિટલરનું જર્મની યુરેનિયમનો અણુબોમ્બ બનાવી શકે છે, માટે અમેરિકાએ પણ એ દિશામાં પ્રયાસો શરૂ કરવા જોઇએ. ૧૯૪૨માં અમેરિકાની શિકાગો યુનિવર્સિટીની પ્રયોગશાળામાં એનરિકો ફર્મીએ ચેઇન રિએક્શનના ધોરણે અણુનું વિભાજન કરી બતાવ્યું. જુલાઇ ૧૬, ૧૯૪૫ના રોજ અમેરિકાએ તેનો પહેલો અણુબોમ્બ ફોડ્યો. અણુવીજળીને નામુમકિન ઠરાવતી આઇનસ્ટાઇનની ભવિષ્યવાણી ડિસેમ્બર ૨૦, ૧૯૫૧ના રોજ ખોટી પડી, જ્યારે અમેરિકાના ઇટાહો રાજ્યમાં જગતનું પહેલું અણુવીજળીનું મથક કાર્યરત્ બન્યું. વિશ્વના ૩૨ દેશોમાં આજે ૪૪૧ અણુમથકો છે.

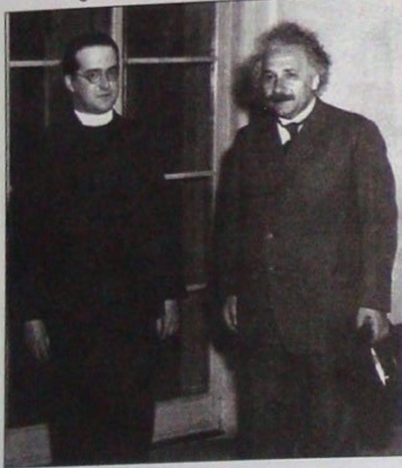





વિસ્તરણ પામતા બ્રહ્માંડના દૃશ્યને અબજો વર્ષ લાંબી ફિલ્મ તરીકે કલ્પી લો. ફિલ્મને પ્રોજેક્ટરમાં રિવર્સ ગતિએ ચલાવો તો એકમેકથી દૂર જતી આકાશગંગાઓ પાછી એકત્રિત થતી જોવા મળે અને તેમનું સંકોચન અંતે ટપકાનું સ્વરૂપ પામે. બેલ્જિયમના જ્યોર્જ લેમાઈતર નામના ખ્રિસ્તી પાદરી-કમ-ખગોળશાસ્ત્રીએ ૧૯૩૧માં સમીકરણો માંડીને જોયું કે આઇનસ્ટાઇનની જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી બ્રહ્માંડનો દૂરના ભૂતકાળમાં ક્યારેક જન્મ થયાનું સૂચવતી હતી, માટે આરંભના સમયે તે અતિ નાના ટપકા તરીકે જ હોવું જોઇએ. લેમાઈતરે બ્રહ્માંડના વિસ્તરણને ફટાકડાના વિસ્ફોટ જોડે સરખાવ્યું. વિસ્ફોટ દરમ્યાન પેદા થયેલો ગરમાટો હજી બ્રહ્માંડમાં ચોમેર પ્રસરેલો હોય એવી પણ તેના મતે પૂરી શક્યતા હતી. (આ તર્ક ૧૯૬૫માં સાચો પડ્યો કે જ્યારે બ્રહ્માંડને એબ્સલ્યૂટ ઝીરો કરતાં ૩° સેલ્શિયસ જેટલી વધુ 'તપત' હોવાનું પુરાવા સહિત જાણવા મળ્યું). લેમાઈતરે જનરલ થિઅરીના જ આધારે ગણતરી માંડી આઇનસ્ટાઇનને પત્ર લખ્યો, જેમાં તેણે બ્રહ્માંડનો જન્મ બિગ બેંગ વડે થયાનું ભારપૂર્વક નોંધ્યું. આઇનસ્ટાઇનનો તેજાબી પ્રત્યુત્તર :

'Your calculations are correct, but your physics is abominable.'

અનુવાદઃ 'તમારી ગણતરી સાચી છે, પણ તમારૂં ભૌતિકશાસ્ત્ર ઘૃણાજનક છે.'


■ જ્યોર્જ લેમાઈતર સાથે આઇનસ્ટાઇન

આઇનસ્ટાઇને જલદ શબ્દ વાપર્યાનું કારણ સમજી શકાય તેવું હતું. બિગ બેંગના તબક્કે જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનાં બધાં સમીકરણો અર્થહીન નીવડે, કેમ કે એ વખતે space હોય નહિ અને time પણ હોય નહિ. સાપેક્ષવાદના બન્ને સિદ્ધાંતો spacetime પર આધારિત હતા. ઊંડાઇ, લંબાઇ અને પહોળાઇ એ ત્રણ પરિમાણો spaceનાં હતાં અને તેમની સાથે જ વણાયેલું ચોથું પરિમાણ timeનું હતું. આ રંગમંચ હતો, જેના પર સાપેક્ષવાદના બેય સિદ્ધાંતો





અજીબોગરીબ નાટક ભજવતા હતા. બિગ બેંગના તબક્કે એ રંગમંચ જ નાબૂદ થતો હતો, માટે જનરલ થિઅરીનાં સમીકરણો ચત્તાંપાટ થતાં હતાં.

રહી રહીને છેક ૧૯૪૦ના દસકામાં આઇનસ્ટાઇને સ્વીકાર્યું કે બ્રહ્માંડ ખરેખર બિગ બેંગ વડે રચાયું હતું. બિગ બેંગને સમર્થન આપતા સંખ્યાબંધ પુરાવા ત્યાર પછી મળી આવ્યા. ટૂંકમાં, જ્યોર્જ લેમાઈતરનું ભૌતિકશાસ્ત્ર 'ઘૃણાજનક' ન હતું.




૧૯૧૫માં જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી જગત સમક્ષ મૂકાયા પછી બીજે વર્ષે અત્યંત પ્રતિભાશાળી જર્મન ખગોળશાસ્ત્રી કાર્લ શ્વાર્ટ્ઝશાઇલ્ડ તેના સૂચિતાર્થો તારવવા બેઠો. પહેલું વિશ્વયુદ્ધ પરાકાષ્ટાએ હતું અને શ્વાર્ટ્ઝશાઇલ્ડ રશિયા સામે લડતી જર્મન ફોજના તોપખાના માટે ફરજ બજાવી રહ્યો હતો. તોપગોળાનો દિશામાર્ગ આંકવાનું કામ તેને સોંપાયું હતું. રાત્રિના સમયે ગોલંદાજીનો ટેમ્પો હળવો થાય એ દરમ્યાન તેણે જનરલ થિઅરીનાં સૂત્રો ગણ્યાં, જેમનો નિચોડ અચરજપ્રેરક હતો. આ ખગોળશાસ્ત્રીને આંકડાકીય લેખાજોખાના આધારે જણાયું કે મૃત્યુને ભેટતો તારો જો બહુ મોટા કદનો હોય તો તેનું બળવાન ગુરુત્વાકર્ષણ પ્રકાશનાં કિરણોને પણ છટકવા ન દે. તારા ફરતે અદૃશ્ય ગોળા તરીકે 'ચમત્કારિક આવરણ' રચાય, જેને પાર કરીને અંદર જતો પદાર્થ કદી બહાર નીકળી શકે નહિ. આપણા સૂર્યના કેસમાં એવા ગોળાની ત્રિજ્યા લગભગ ૩ કિલોમીટર ગણાય, માટે સૂર્યને જો એટલી હદે સંકોચી શકો તો એ dark star બને. દેખાય જ નહિ.

કાર્લ શ્વાર્ટ્ઝશાઇલ્ડ બ્લેક હોલના સંભવિત અસ્તિત્વ તરફ આંગળી ચીંધી રહ્યો હતો. આઇનસ્ટાઇનની થિઅરીના આધારે જ તેણે અર્થઘટન કર્યું હતું અને ખગોળક્ષેત્રે તે સીમાચિહ્ન જેવું હતું. અસીમ ગુરુત્વાકર્ષણ ધરાવતા તારાને લાગુ પડતી ત્રિજ્યા


■ માત્ર કાગળ-પેન્સિલ વડે બ્લેક હોલનું અસ્તિત્વ 'શોધી' કાઢનાર ખગોળવિદ કાર્લ શ્વાર્ટ્ઝશાઇલ્ડ




Schwarzschild radius તરીકે જાણીતી બનવાની હતી, પણ આઈનસ્ટાઈન infinite/અસીમ ગુરુત્વાકર્ષણને લગતો ખ્યાલ સ્વીકારવા તૈયાર થયો નહિ--અને ફરી એ જ કારણ કે જે બિગ બેંગના કેસમાં હતું. મૃત્યુ પામતો તારો જો ડાર્ક સ્ટાર યાને બ્લેક હોલ થાય તો અવકાશી રબ્બરિયા ચાદરને એટલી હદે મરોડે કે spacetime કહેવાતી એ ચાદરનું ત્યાં અસ્તિત્વ જ રહે નહિ. જનરલ થિઅરીનાં સૂત્રો મુજબ મળતો જવાબ અનંત ગુરુત્વાકર્ષણ હોય, માટે આઈનસ્ટાઈનનું ગણિત ત્યાં અર્થહીન સાબિત થતું હતું. શ્વાર્ટ્ઝશાઈલ્ડના હિસાબને તેણે disaster/ધબડકો કહી વખોડી કાઢ્યો.

ભારતના પ્રખર ભૌતિકશાસ્ત્રી સુબ્રહ્મણ્યમ્ ચંદ્રશેખરે અંતે ૧૯૩૦માં સાબિત કર્યું કે શ્વેત વામન તારો જો આપણા સૂર્ય કરતાં ૧.૪ ગણો કે વધુ દળનો હોય તો એ તારો ન રહેતાં બ્લેક હોલ બને. (ઉપરના ડાયાગ્રામમાં બતાવ્યા મુજબ ૧.૪ના આંકડાને સહેજ માટે ચૂકી જતો તારો ન્યૂટ્રોન સ્ટારમાં ફેરવાય, જે પણ ખાસ્સો દળદાર હોવાને લીધે અવકાશી ફેબ્રિકમાં સારો એવો ગોબો રચી દે). ૧૯૬૦ના દસકામાં હંસ નક્ષત્રમાં Cygnus X-1 નામનો પ્રથમ બ્લેક હોલ સાંયોગિક પુરાવાના આધારે મળી આવ્યો ત્યારે ચંદ્રશેખરનો વૈજ્ઞાનિક તર્ક સાચો ઠર્યો અને પછી તો બીજા સંખ્યાબંધ બ્લેક હોલનો પત્તો લાગ્યો. ઉપરાંત પુરવાર થયું કે આપણી દૂધગંગા સહિત દરેક આકાશગંગાના કેન્દ્રમાં રાક્ષસી/super massive બ્લેક હોલ રચાયા હોવા જોઈએ. દૂધગંગાના બ્લેક હોલનું દળ : સૂર્ય કરતાં ૩૦ લાખ ગણું !




સૂર્યકિરણોને વીજળીમાં ફેરવતા સોલાર સેલ જે સિદ્ધાંત અનુસાર કાર્ય બજાવે તેને photoelectric effect કહેવાય છે. ઈફેક્ટની શોધ આઈનસ્ટાઈને કરી, જેના માટે તેને ૧૯૨૧માં ભૌતિકશાસ્ત્રનું નોબેલ પારિતોષિક મળ્યું. આઈનસ્ટાઈને જણાવ્યું કે પ્રકાશકિરણો મોજાં તરીકે વહે છે, પણ તેમને એનર્જીનાં 'પેકેટ' કહો તો પણ ખોટું નથી.





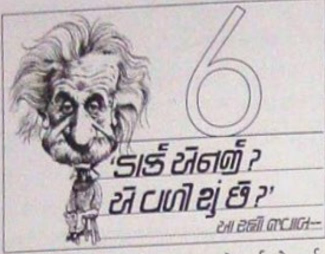
ટૂંકમાં, પ્રકાશ એ મોજાં છે અને છૂટક કણો પણ છે. આ 'પેકેટ'ને તેણે ફોટોન તરીકે ઓળખાવ્યાં, પરંતુ સૂત્રો ગણવા બેઠો ત્યારે ખબર પડી કે ફોટોનનો સમય-દિશા માપી શકતા નથી અને તેની વર્તણૂકનો કશો ધડો જ હોતો નથી--કહો કે ગમે તે કાઠીએ બેસતા ઊંટ જેવો ઘાટ છે.

અગાઉ મેક્સ પ્લાન્ક નામના જર્મન ભૌતિકશાસ્ત્રીએ આવા 'પેકેટ' માટે ક્વૉન્ટમ શબ્દ વાપર્યો હતો. (લેટિન ભાષામાં quantum એટલે how much?). એનર્જીની ચોક્કસ માત્રાને તેણે quanta કહી હતી. આઈનસ્ટાઈને સમગ્ર બ્રહ્માંડને મોટા પાયે લાગુ પડતા સાપેક્ષવાદના બે સિદ્ધાંતો ઘડ્યા હતા, જ્યારે મેક્સ પ્લાન્ક જેવા ભૌતિકનિષ્ણાતો સૂક્ષ્મ અણુના લેવલે થતી ગતિવિધિનો અભ્યાસ કરતા હતા. અભ્યાસ દરમ્યાન તેમણે જોયું કે તળના એ લેવલે બધું અઠ્ઠેગઠ્ઠે યાને અકળ રીતે થતું હતું, જેમનું પૂર્વાનુમાન કરી શકાય નહિ. કંઈ પણ બની શકે અને ગમે ત્યારે બને --એટલે સુધી કે થોડી ઘણી ફોટોન એનર્જી ધરાવતો શૂન્યાવકાશ આખેઆખા બ્રહ્માંડનું સર્જન કરી નાખે ! આ ક્વૉન્ટમ થિઅરી હતી, જે આઈનસ્ટાઈનને માન્ય ન હતી. વિજ્ઞાન જેને સમજાવી ન શકે એ બાબતને વિજ્ઞાન કહેવાય નહિ. આ જાતની લક બાય ચાન્સ સ્થિતિ તો જુગારખાનામાં હોય, માટે આઈનસ્ટાઈને તીખા શબ્દોમાં કહ્યું: 'God does not play dice with the Universe.' ('ઈશ્વર બ્રહ્માંડ સાથે પાસાની રમત ખેલતો નથી').


■ આ તસવીર ૧૯૨૫ની છે કે જ્યારે ક્વૉન્ટમ થિઅરીની ચર્ચા માટે આઈનસ્ટાઈન અને નીલ્સ બોહર રૂબરૂ મળ્યા

ડેન્માર્કના નીલ્સ બોહ્ર નામના પ્રખ્યાત અને નોબેલવિજેતા ભૌતિકશાસ્ત્રીએ જવાબ દીધો : 'ઈશ્વરે શું કરવું તેની એને સલાહ આપવાનું રહેવા દો.'

વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રે ક્વૉન્ટમ થિઅરી આજે પોતાનાં મૂળિયાં સ્થાપી ચૂકી છે અને ક્ષણવારમાં લાખો આંકડાની ગણતરી કરી દેતા ક્વૉન્ટમ કમ્પ્યૂટર બનાવવા માટે પણ મોટે પાયે વૈજ્ઞાનિક સંશોધન ચાલી રહ્યું છે. ક્વૉન્ટમ થિઅરી જો કે ભારે અટપટી છે, પણ એટલું યાદ રાખો કે આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનનો સાપેક્ષવાદ અણુના લેવલે ચાલતી અકળ પ્રક્રિયાને સમજાવી શક્યો નથી--અને બ્રહ્માંડમાં મોટા ભાગની પ્રક્રિયાઓ અણુના હસ્તે થાય છે.




**સા**પેક્ષવાદના પ્રણેતાનું કયું અનુમાન વાસ્તવિક ન ઠર્યું તેની ચર્ચા પછી શી વાસ્તવકિતાનું અનુમાન કરવાનું તે ચૂકી ગયો એ પણ નોંધવું રહ્યું. અગાઉ કરતાં વધુ ઝડપે બ્રહ્માંડનો સાથરો ફેલાવી રહેલી ડાર્ક એનર્જી તેના ધ્યાન બહાર રહી જવા પામી. માત્ર ૪% બ્રહ્માંડ તારા અને ગ્રહો જેવા દૃશ્યમાન પદાર્થનું બનેલું છે અને ૨૨% અદૃશ્ય ડાર્ક મેટરના સ્વરૂપનો છે. બાકીનો ૭૪% ફાળો ડાર્ક એનર્જીનો છે, જે એન્ટિ-ગ્રેવિટી જેવો પ્રભાવ દાખવે છે. આઇનસ્ટાઇનના જમાનામાં ડાર્ક એનર્જી ન હતી એવું નહિ. હકીકતે ૧૩.૭ અબજ વર્ષ પહેલાં બ્રહ્માંડનો જન્મ થયા બાદ આરંભમાં પદાર્થનું અને તેની ગ્રેવિટીનું જોર રહ્યું. આને લીધે બ્રહ્માંડ જરા ધીમી ઝડપે વિસ્તર્યું, કેમ કે ગુરુત્વાકર્ષણે તેના વિસ્તરણ પર થોડી ઘણી બ્રેક દાબેલી રાખી. આશરે નવ અબજ વર્ષ પહેલાં ડાર્ક એનર્જી તેનું પ્રતિગુરુત્વાકર્ષણ દાખવવા માંડી અને બ્રહ્માંડ વધુ ને વધુ ઝડપે ફેલાવા લાગ્યું. હજી ફેલાય છે એટલું જ નહિ, પણ ઝડપમાં સતત વધારો થતો જાય છે. વિસ્તરણ જો એમ જ થતું રહે તો સમજવાનું કે બ્રહ્માંડ 'ઓપન યુનિવર્સ' છે--એટલે કે પાછું કદી સંકોચાવાનું નથી. બધી આકાશગંગાઓ પૃથ્વીવાસી માનવજાતની દૃષ્ટિમર્યાદા બહાર નીકળી જવાની છે અને હાલનું તારાજડિત નભોમંડળ કાળુંધબ્બ બનવાનું છે. અલબત્ત, માનવજાતનું ત્યારે અસ્તિત્વ ન હોય એ જુદી વાત છે.

આ ડાર્ક એનર્જીનું સાપેક્ષવાદના બે સિદ્ધાંતોમાં ક્યાંય સ્થાન નથી. 'માઇન્ડ ઓફ ધ મિલેનિઅમ' કહેવાતા આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનનું બેમિસાલ મગજ આખા બ્રહ્માંડમાં ફરી વળ્યું, પણ બ્રહ્માંડનો ૭૪% માલ તેના માટે નજરઅંદાજ રહ્યો.




ડાર્ક એનર્જી બ્રહ્માંડના ફલકને વધુ ને વધુ ઝડપે ફેલાવી રહી છે. (ગ્રાફિકમાં બાહ્ય સર્કલ).

આથી સ્પેસ-ટાઇમમાં 'ખૂંપેલી' આકાશગંગાઓ સ્પીડપૂર્વક દૂર જાય છે.

વિસ્તરણ પ્રકાશવેગ કરતાં પણ વધુ રફતારે થવા માંડે એ પછી આકાશગંગાનાં પ્રકાશકિરણો આપણી પૃથ્વી સુધી પહોંચી શકે નહિ. પૃથ્વી ફરતેનું અંતરિક્ષ કાળુંધબ્બ બને.



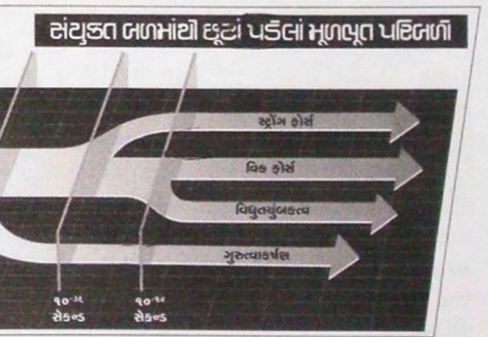





**પૃ**થ્વી સહિતના તમામ બ્રહ્માંડમાં થતી દરેક ક્રિયા અને પ્રતિક્રિયા વિદ્યુતચુંબકત્વ, સ્ટ્રૉંગ ફોર્સ, વિક ફોર્સ તથા ગુરુત્વાકર્ષણ એ ચાર મૂળભૂત પરિબળોને આભારી છે. ગુણધર્મો મુજબ જોતાં તેમની વચ્ચે એકેય વાતે સામ્ય નથી. વિદ્યુતચુંબકત્વ પ્રકાશનું અને વીજાણુઓના પ્રવાહનું (વીજળીનું) કારક છે. સ્ટ્રૉંગ ફોર્સ અણુનાભિમાં સમાન વીજભાર ધરાવતા તેમજ પારસ્પરિક અપાકર્ષણને લીધે છૂટા પડવા મથતા પ્રોટોન્સને એકબીજા સાથે જકડી રાખે છે. વિક ફોર્સ રેડિઅમ જેવા પદાર્થની અણુનાભિના કિરણોત્સર્ગી ક્ષયનું નિયમન કરે છે. ગુરુત્વાકર્ષણનું પરિબળ બે પદાર્થો વચ્ચે કુદરતી ખેંચાણ સર્જે છે. ચારેય પરિબળોને એ રીતે પોતપોતાની અલગ પ્રકૃતિ છે--અને તેઓ સમાન બળ પણ ધરાવતાં નથી.

વિચારવા જેવો મુદ્દો : બિગ બેંગ નામનો મહાવિસ્ફોટ થયો એ વખતે બ્રહ્માંડ ધગધગતું અતિ સૂક્ષ્મ બિંદુ હતું. ચારેય પરિબળો ત્યારે સમાન શક્તિનાં હતાં એટલું જ નહિ, પણ સિંગલ પરિબળ તરીકે સંયુક્ત/unified હતાં. ભૌતિકનિષ્ણાતોએ વૈજ્ઞાનિક સમીકરણોના આધારે માંડેલી ગણતરી અનુસાર મહાવિસ્ફોટ બાદ સૌ પ્રથમ ગુરુત્વાકર્ષણના પરિબળનો ફાંટો છૂટો પડ્યો. બીજા ફાંટામાં બાકીનાં ત્રણ પરિબળો (વિદ્યુતચુંબકત્વ, સ્ટ્રૉંગ ફોર્સ અને વિક ફોર્સ) સંયુક્ત રહ્યાં, માટે એકેયનું સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ન હતું. સેકન્ડના અબજોમા ભાગ જેટલો સમય વીત્યો ત્યારે એ બીજા ફાંટાને શાખા ફૂટી, જે સ્ટ્રૉંગ ફોર્સની હતી. (જુઓ, આકૃતિ). વિદ્યુતચુંબકત્વ અને વિક ફોર્સ તે પછી અલગ થયાં અને





પોતપોતાના અલગ ભૌતિકશાસ્ત્રીય ગુણધર્મ પામ્યાં. જોવાની વાત એ છે કે આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ ગુરુત્વાકર્ષણના પરિબળે બાકીનાં ત્રણ પરિબળો કરતાં જુદો ચોકો રચ્યો--એટલે કે પહેલો ફાંટો માત્ર તેનો હતો, જ્યારે બીજા ફાંટાને ત્રણ શાખાઓ નીકળી હતી.

આઈનસ્ટાઈનને થયું કે અખિલ બ્રહ્માંડનું સંચાલન કરનારાં ચારેય પરિબળો ભૂતકાળમાં જો unified/સંયુક્ત હોય તો આજે થિઅરેટિકલ યાને સૈદ્ધાંતિક રીતે તેમને સિંગલ પરિબળના સ્વરૂપે જોડી શકાય કે નહિ ? આ જાતની થિઅરી બ્રહ્માંડની દરેક ગતિવિધિ અંગે ફોડ પાડી દે, માટે તેને Theory of Everything/TOE કહી શકીએ. થિઅરી રચવામાં મુશ્કેલી ક્યાં પડે તે જુઓ : એક પંગતે બેસી શકે એવાં ત્રણ પરિબળો વિદ્યુતચુંબકત્વ, સ્ટ્રોંગ ફોર્સ અને વિક ફોર્સ છે. ત્રણેયની અસર તેમના વાહક કણો દ્વારા થાય છે.

વિદ્યુતચુંબકત્વની અસરના વાહક કણો ફોટોન છે, સ્ટ્રોંગ ફોર્સના વાહક glue/ગુંદર જેવા ગ્લુઓન છે, તો વિક ફોર્સના ઈલેક્ટ્રોન-ન્યૂટ્રિનો છે. ગુરુત્વાકર્ષણનો મામલો તદ્દન જુદો છે. આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનની જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી મુજબ તે ફોર્સ એટલે કે પરિબળ જ નથી. સૂર્ય જેવો તારો અને પૃથ્વી જેવો ગ્રહ અવકાશી રબ્બરિયા ચાદરમાં ગોબો રચે છે. ચાદરના મરોડને અનુસરતી પૃથ્વી આપોઆપ સૂર્ય ફરતે અને ચંદ્ર આપોઆપ પૃથ્વી ફરતે ચકરાવા લે છે. પૃથ્વી તેમજ ચંદ્ર પકડાયેલા રહે તેને ન્યૂટન ગુરુત્વાકર્ષણનો પ્રતાપ ગણે છે, પરંતુ આઈનસ્ટાઈન નહિ. સમસ્યા અહીં જ છે. આઈનસ્ટાઈનના સાચા ઠરેલા સાપેક્ષવાદ મુજબ ગુરુત્વાકર્ષણ જો force/પરિબળ નથી, તો વિદ્યુતચુંબકત્વ, સ્ટ્રોંગ ફોર્સ અને વિક ફોર્સ એ ત્રણ પરિબળો સાથે તેનું એકીકરણ કરવું શી રીતે ?



આ જાતનો મેળ બેસાડતી થિઅરી ઓફ એવરીથીંગ/TOE રચવા માટે આઈનસ્ટાઈન પોતે વર્ષો સુધી મચેલો રહ્યો, પણ તેની કોશિશો પાણી વલોવીને માખણ કાઢવા જેવી વ્યર્થ હતી. ૧૯૨૯માં તેણે જે થિઅરી રચી તે શરૂઆતે ખૂબ ગાજી, પણ ત્યાર પછી ટીકાનાં તીર વરસ્યાં. સૌથી તીખો ટીકાકાર ઓસ્ટ્રિયાનો નોબેલ પારિતોષિક વિજેતા ભૌતિકશાસ્ત્રી વૂલ્ફગેંગ પોલી (ડાબો ફોટો) હતો, જેણે TOEમાં ઘણાં ગાબડાં ચીંધી બતાવ્યાં. આઈનસ્ટાઈને છેવટે ૧૯૩૧માં પોતાની ભૂલ સ્વીકારી તેને પત્ર લખ્યો : 'You were right after all, you rascal.' નિષ્ફળતા મળ્યા પછીયે આઈનસ્ટાઈને TOE અંગે પ્રયાસો ચાલુ રાખ્યા. એપ્રિલ ૧૮, ૧૯૫૫માં તે મૃત્યુ પામ્યો તેના આગલા દિવસે પણ તેણે થિઅરી ઓફ એવરીથીંગને લગતાં પોતાનાં સમીકરણો લખેલાં કાગળિયાં ફરી તપાસી જોવા મંગાવ્યાં, પરંતુ છેલ્લી ઘડીએ પણ દિમાગમાં ઝબકારો ન થયો તે ન થયો. કોઈ બીજા ભૌતિકશાસ્ત્રીનેય દિમાગમાં આજ દિન સુધી થયો નથી. ■



# 10



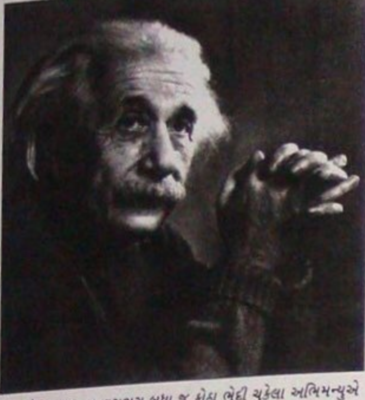
# આઈનસ્ટાઈનની આખરી અગ્નિપરીક્ષા

વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં તરીકે વહેતાં મૂકાયેલાં પ્રકાશનાં કિરણોને વેરવિખેર થતાં રોકી સૈન્યની શિસ્તબદ્ધ ટુકડીની જેમ એકજૂથ રાખી શકો તો અત્યંત તેજસ્વી શેરડો રચાય એમ જ્યારે આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈને ૧૯૧૭ માં જણાવ્યું ત્યારે ભલભલા વિજ્ઞાનીઓ તેની એ શોધનું મહત્ત્વ સમજ્યા ન હતા. આઈનસ્ટાઈનનું અવસાન થયાના આગલે વર્ષે ૧૯૫૪ માં ચાર્લ્સ ટાઉન્સ નામના અમેરિકન વિજ્ઞાનીએ ક્રાંતિસર્જક ટેક્નોલોજિકલ આવિષ્કાર વડે તેની થિઅરીને સિદ્ધ કરી. ટાઉન્સે લેસર કિરણોનો શેરડો રચી બતાવ્યો, જે આઈનસ્ટાઈને જણાવેલા સિદ્ધાંત મુજબ રચાયો હતો અને વખત જતાં એ શેરડો ડિજિટલ ડિસ્ક, બાર કોડ, લેસર પ્રિન્ટર, ફાઈબર ઑપ્ટિક્સ, હોલોગ્રાફી, લેસર આય સર્જરી, ડી.વી.ડી., રેન્જ ફાઈન્ડર, લેસર ગાઈડેડ બોમ્બ વગેરે મળીને વીસેક શોધો માટે નિમિત્ત બનવાનો હતો.

સૂર્યના પ્રકાશનું વીજળીમાં રૂપાંતર કેવી રીતે થાય તેનો વૈજ્ઞાનિક ખ્યાલ આપતી ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઈફેક્ટ કહેવાતી થિઅરી આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈને ૧૯૦૫ માં જગત સમક્ષ મૂકી હતી. થિઅરી સચોટ હોવા છતાં સામાન્ય લોકોને તેની પ્રેક્ટિકલ અને પ્રત્યક્ષ સાબિતી છેક ૧૯૫૪ માં જોવા મળી. અમેરિકાની બેલ લેબોરેટરીઝના જી. એલ. પિઅરસન, સી. એલ. ફુલર અને ડી. એમ. ચેપલિન નામના ત્રણ સંશોધકોએ તે વર્ષે સિલિકોન વાપરી પ્રથમ સોલાર સેલ બનાવ્યા. પરીક્ષણ વખતે પ્રકાશનાં કિરણોનો તે સેલ પર અભિષેક થયો કે તરત મંદ વિદ્યુતપ્રવાહ જન્મ્યો.

ઊર્જા તથા પદાર્થ એક જ 'વસ્તુ'નાં બે સ્વરૂપો હોવાનો ઠોસ દાવો આઈનસ્ટાઈને

૧૯૦૫ માં કર્યો હતો. આ વાત તેણે $E=mc^2$ એવી ટચૂકડી ફોર્મ્યુલાના સ્વરૂપમાં રજૂ કરી હતી, જેની સત્યતા વિશે અનેક વિજ્ઞાનીઓ શંકાશીલ હતા. ઊર્જા અને પદાર્થ એક જ સિક્કાની બે સાઇડ હોય એ વાત સામાન્ય બુદ્ધિને જચે નહિ. ૧૯૩૮ માં યુરેનિયમના અણુનું વિભાજન કરાયું અને તે પદાર્થે $E=mc^2$ ના સૂત્ર પ્રમાણે જ ઊર્જા મુક્ત કરી ત્યારે આઇનસ્ટાઇનનો સિદ્ધાંત ચોવીસ કેરેટ સાચો ઠર્યો. ઊર્જાને પદાર્થમાં ફેરવવાનો પણ એક પ્રયોગ ત્યાર પછી સફળ થયો.



■ ભૌતિકશાસ્ત્રના લગભગ બધા જ કોઠા ભેદી ચૂકેલા અભિમન્યુએ કસોટીનો છેલ્લો ચક્રવ્યૂહ પણ હવે ભેદી નાખ્યો છે

ગતિશીલ પદાર્થ માટે સમય ધીમો પડે એમ જણાવતી આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનની ૧૯૦૫ ના વર્ષની સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીને પણ વર્ષો સુધી શંકાભરી નજરે જોવાતી રહી, પરંતુ ૧૯૭૧ માં હાથ ધરાયેલા એક પ્રયોગે તે શંકાનું પણ બાષ્પીભવન કરી નાખ્યું. રિચાર્ડ કીટિંગ અને જે. સી. હાફેલે નામના વિજ્ઞાનીઓ ચાર સેન્સિટિવ અણુઘડિયાળો સાથે ઊતારૂ જેટ વિમાનમાં એરાઉન્ડ-ધ-વર્લ્ડ પ્રવાસે ઉપડ્યા. એક પ્રવાસ તેમણે પૂર્વથી પશ્ચિમનો ખેડ્યો. બીજો પશ્ચિમથી પૂર્વનો ખેડ્યો. બન્ને પ્રવાસો ૩-૩ દિવસના હતા. પશ્ચિમથી પૂર્વની યાત્રા દરમ્યાન ઘડિયાળો ૫૯ નાનોસેકન્ડ ધીમી ચાલી. (૧ નેનોસેકન્ડ = સેકન્ડનો ૧ અબજમો ભાગ.) પૂર્વથી પશ્ચિમની એટલે કે સાપેક્ષ રીતે વધુ ઝડપી યાત્રા દરમ્યાન ઘડિયાળો ૨૭૩ નેનોસેકન્ડ પાછળ રહી જવા પામી.

પરીક્ષણનું પરિણામ : આઇનસ્ટાઇન ફુલ્લી પાસ.

આ મહાન વિજ્ઞાની માટે જીવનનું સૌથી મહત્ત્વપૂર્ણ વર્ષ હોય તો ૧૯૧૫ નું, કેમ કે એ વર્ષે તેણે સૌથી વિવાદાસ્પદ એવી જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો ધડાકો કરી જગત આખાના ભૌતિકનિષ્ણાતોને ચોંકાવી દીધા. ખળભળાટ મચી ગયો. કાગારોળ પણ મચી. ખાસ કરીને એટલા માટે કે આઇનસ્ટાઇને સાપેક્ષવાદના એ જનરલ સિદ્ધાંતમાં આપેલો ગુરુત્વાકર્ષણનો પરિચય જો સાચો હોય તો પૂરાં ૨૨૮ વર્ષ થયે અફર મનાતો રહેલો આઇઝેક ન્યૂટનનો ગુરુત્વાકર્ષણનો સિદ્ધાંત ખોટો ઠરતો હતો. આ લાંબા સમયગાળા દરમ્યાન આઇઝેક ન્યૂટનનો લૉ ઑફ ગ્રેવિટેશન કદી ખોટો નહોતો ઠર્યો એ વાત પણ એટલી જ સાચી હતી. બીજી તરફ આઇનસ્ટાઇનનું મંતવ્ય રખે સાચું હોય તો પણ એ માનવા જેવું લાગતું ન હતું.

બન્ને વિજ્ઞાનીઓનાં મંતવ્યોમાં તફાવત કેટલી હદનો તે જુઓ : ન્યૂટને એમ કહેલું કે



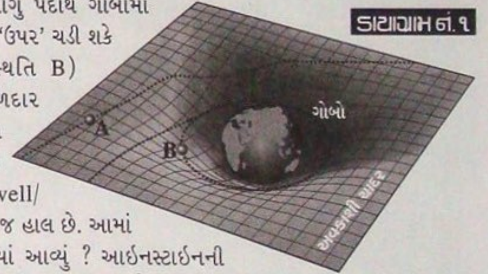


દળ/mass ધરાવતા દરેક પદાર્થમાં ગુરુત્વાકર્ષણ હોય છે. આ પરિબળ તેનો અંતર્ગત ગુણધર્મ છે; એટલે કે તેના દળમાં ઓતપ્રોત છે. પરિણામે સૂર્ય પૃથ્વીને અને પૃથ્વી ચંદ્રને જકડી રાખે છે. આઇનસ્ટાઇનને પૂછો તો જવાબ મળે કે ગુરુત્વાકર્ષણના પરિબળ જેવું કશું છે જ નહિ. પરિબળ સમજી બેઠા છો એ ફક્ત માયા છે. બ્રહ્માંડની ભૂમિતિએ પેદા કરેલો ભ્રમ છે. પદાર્થની (તથા ઊર્જાની પણ) હાજરી તે ભૂમિતિમાં curvature/વક્રતા સર્જે છે. બ્રહ્માંડની રબ્બરિયા ચાદરમાં તેને લીધે ગોબો પડે છે. (જુઓ, *નીચેનો ડાયાગ્રામ.*) પદાર્થનું દળ ઓછું હોય તો જરા છીછરો ગોબો રચાય અને દળ વધુ હોય તો ઊંડો, એટલે સાફ મતલબ એ થયો કે સ્પેસટાઇમ કહેવાતી રબ્બરિયા ચાદર એટલા ભાગમાં સપાટ ન હોવાને કારણે પ્રકાશનો સીધો તેજલીસોટો પણ ત્યાં વળાંક પામ્યા વિના રહેતો નથી. સીધી લીટીમાં જતા નક્કર પદાર્થને એ જ રીતે વળાંક મળવો રહ્યો. પદાર્થ સહેજ વાર માટે ગોબામાં 'ઊતરી' જાય છે, ચાદરની વક્રતાને અનુસરવા જતાં પોતે વક્રી થાય છે, અનાયાસે દિશા બદલે છે (ડાયાગ્રામમાં સ્થિતિ A) અને પાછો 'ઉપર' ચડી જુદા માર્ગે ફંટાય છે.

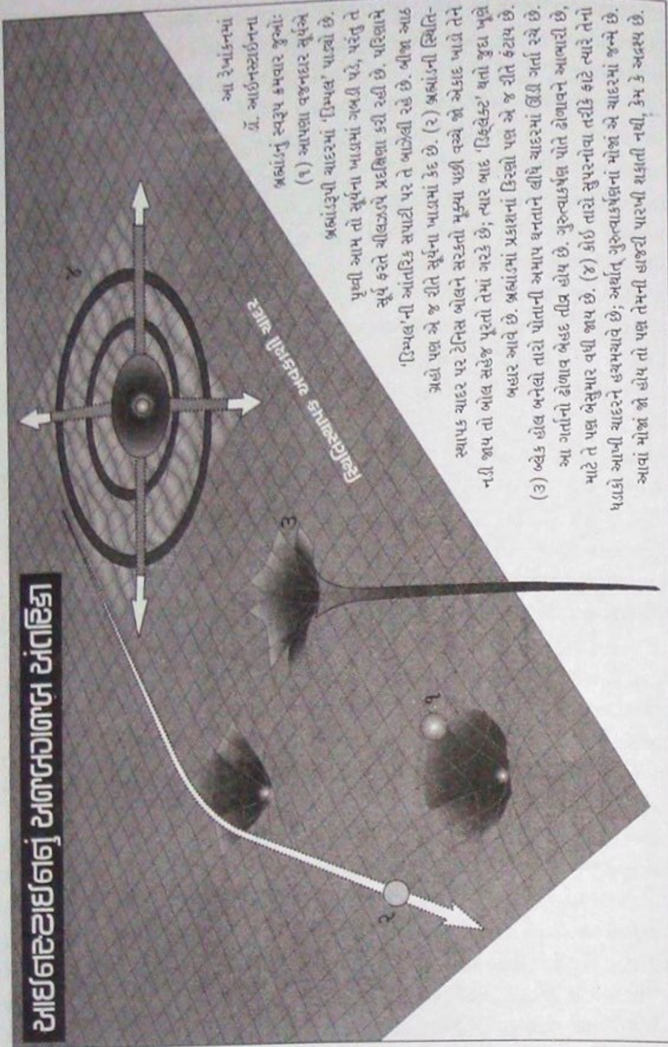
માનો કે રબ્બરિયા ચાદરમાં ગોબો રચનાર અવકાશી પદાર્થ ખાસ્સું દળ ધરાવે છે, તો તેનો ગોબો એટલો બધો ઊંડો હોય (ચાદર એટલી બધી મરોડાયેલી હોય) કે તેની વક્ર ભૂમિતિને અનુસરતો વટેમાર્ગુ પદાર્થ ગોબામાં 'ઊતર્યા' બાદ પાછો કદાચ 'ઉપર' ચડી શકે નહિ. (ડાયાગ્રામમાં સ્થિતિ B) ભૂમિતિની વક્રતા તેને દળદાર અવકાશી ગોળાની હંમેશ માટે પ્રદક્ષિણા લેતો કરી દે!

સૂર્યના gravity well/ ગોબાની અંદર પૃથ્વીના એ જ હાલ છે. આમાં ગુરુત્વાકર્ષણનું પરિબળ ક્યાં આવ્યું ? આઇનસ્ટાઇનની જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી મુજબ સૂર્યને લીધે રબ્બરિયા ચાદરમાં રચાયેલો મરોડ પૃથ્વીને કેવી રીતે પ્રવાસ ખેડવો એ જણાવે છે, તો બીજી તરફ સૂર્ય રબ્બરિયા ચાદરને કેટલો મરોડ રચવો એ જણાવે છે !

ડાયાગ્રામ નં.૧




ગુરુત્વાકર્ષણની વ્યાખ્યા આવા વિચિત્ર તર્ક વડે બાંધતી થિઅરી આજે આટલાં વર્ષ પછી પણ બુદ્ધિગમ્ય ન જણાય, એટલે ૧૯૧૫ માં તો તેને વ્યાપક સ્વીકૃતિ મળવાનો સવાલ જ ન હતો. આમ છતાં દહેશતનાં વાદળો દૂર થતાં ફક્ત ચાર વર્ષ લાગ્યાં. પદાર્થની હાજરીને લીધે અવકાશી ચાદર/spacetime fabric મરોડાય એટલે કે gravity well કહેવાતો ગોબો રચાય એ તર્કને કસોટીએ ચડાવવાનો મોકો ભૌતિકશાસ્ત્રના નિષ્ણાતોને મે ૨૯, ૧૯૧૯ ના રોજ મળ્યો. ખગ્રાસ સૂર્યગ્રહણનો દિવસ હતો. સૂર્ય ઢંકાય એ સમયે તેની પાશ્ચાદ્ભૂમિકાનો એક પ્રકાશિત તારો અને પૃથ્વી સીધી લીટીમાં આવી જવાના હતા, પણ સૂર્યની કિનાર નજીક એ



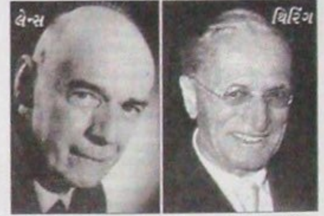




તારો દ્રષ્ટિગોચર થવાનો હતો. આઇનસ્ટાઇનના સિદ્ધાંતની પરીક્ષા લેવા ભૌતિકનિષ્ણાતો દક્ષિણ અમેરિકા પહોંચ્યા, ગ્રહણ વખતે તારાની દિશામાં અદ્યતન કેમેરા માંડ્યા, અનેક તસવીરો ખેંચી અને છેવટે એ તસવીરોને સરખાવી જોતાં ખબર પડી કે સૂર્ય પાસે તારાના પ્રકાશે ખરેખર દિશા બદલી હતી. પ્રકાશના ફોટોન કણોને દળ/mass તો છે નહિ, એટલે સૂર્યનું 'ન્યૂટનબ્રાન્ડ' ગુરુત્વાકર્ષણ તેમને વરતાયું હોય એ શક્ય ન હતું. રેગિસ્તાનમાં ચાલતી ઊંટની વણઝારે બે ઊંચાં ઢૂવા વચ્ચેની ગર્તાને ઓળંગવા માટે તેના 'મરોડાયેલા' ભૂપૃષ્ઠને ધરાર અનુસરવું પડે એમ તારાનો પ્રકાશ સૂર્ય પાસે ગોબાની ભૂમિતિ મુજબ વળ્યો હતો.

પરીક્ષણનું પરિણામ : આઇનસ્ટાઇન ફુલ્લી પાસ.

આ ગોળધાણા જેવું પરિણામ આવ્યું તેના કેટલાક મહિના પહેલાં ૧૯૧૮ માં જોસેફ લેન્સ અને હાન્સ થિરિંગ નામના બે ભૌતિકનિષ્ણાતોએ જનરલ થિઅરી માટે નવો પ્રશ્નાર્થ ખડો કર્યો. આઇનસ્ટાઇને શોધેલાં સિદ્ધાંતો જ લાગુ પાડી તેમણે લોજિકલ સૂચિતાર્થ તારવ્યો કે અવકાશી ચાદરમાં ખૂંપેલો સૂર્ય અગર તો પૃથ્વી જેવો ગોળો ધરીભ્રમણ કરે ત્યારે એ ચાદર સાવ અલિપ્ત રહી શકે નહિ. ચાદરનું ફેબ્રિક પણ તેની સાથે ચકાકારે ખેંચાવું જ રહ્યું.

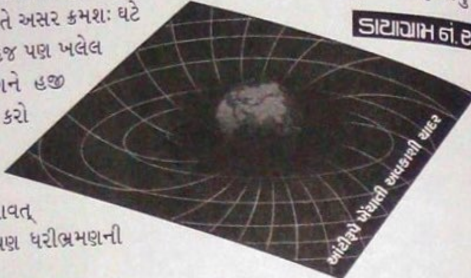



આ બન્ને ઑસ્ટ્રેલિયન વિજ્ઞાનીઓ ખરેખર શું કહેવા માગતા હતા ? અને છેક ૧૯૧૮ માં તેમણે કહેલી વાતને આઇનસ્ટાઇનની જનરલ થિઅરી સાથે શો સંબંધ ? આશ્ચર્યના કેટલાક સુખદ આંચકાનો જલસો માણવો હોય તો જવાબ સહેજ ધ્યાન આપીને વાંચો :

અહીં સુધી બ્રહ્માંડને આપણે રબ્બરિયા ચાદર જોડે સરખાવ્યું. ઉપમા 'ચાલેબલ' ખરી, છતાં સચોટ નથી. ચાદર ટુ-ડાયમેન્શનલ હોય છે. લંબાઇ અને પહોળાઇ એમ ફક્ત બે પરિમાણો ધરાવે છે, જ્યારે આઇનસ્ટાઇનનું બ્રહ્માંડ ફોર-ડાયમેન્શનલ છે. લંબાઇ, પહોળાઇ તથા ઊંડાઇ એ ત્રણ પરિમાણો space નાં છે અને ચોથું પરિમાણ time નું છે. સ્પેસ અને સમય વચ્ચે આઇનસ્ટાઇને ભેદ રાખ્યો નથી, કેમ કે સ્પેસનું જ્યારે અંતર કાપો ત્યારે ટાઇમનું પણ અંતર કપાય છે. જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીમાં બ્રહ્માંડ = spacetime એટલું યાદ રાખો. કલ્પનાશક્તિને છૂટો દોર આપી બ્રહ્માંડનું એવું સ્વરૂપ નજર સામે લાવો કે જેની ચાદર ફક્ત લંબાઇ અને પહોળાઇ નહિ, ઊંડાઇ પણ ધરાવે છે. જરા મુશ્કેલ કામ છે, કારણ કે પરિકલ્પના માટે થ્રી-ડાયમેન્શનલ મહાસાગરનો આધાર લેવાય તેમ નથી. મહાસાગરની સપાટી પરના જહાજનું તળિયું એક જ દિશામાં (સાગરપેટાળની દિશામાં) 'ગોબો' પાડી શકે, જ્યારે અવકાશી ચાદરમાં પૃથ્વીનો કે સૂર્યનો ગોળો ઉત્તર, દક્ષિણ, પૂર્વ, પશ્ચિમ, અગ્નિ, વાયવ્ય, ઇશાન, નૈઋત્ય અને બીજી જે પણ દિશા વિચારી શકો એ તરફ ગોબો પાડે છે ! આ જાતના અંતરિક્ષની પરિકલ્પના સાચે જ મુશ્કેલ છે.

ઑસ્ટ્રેલિયાના જોસેફ લેન્સે અને હાન્સ થિરિંગે અવકાશી ગોળાના ધરીભ્રમણને લીધે

આસપાસની રબ્બરિયા ચાદર આંટીરૂપે ખેંચાવાનો જે મુદ્દો રજૂ કર્યો તેનોય દ્રશ્યચિતાર કલ્પનાદૃષ્ટિ સામે લાવવો કઠિન છે, છતાં એક વિચારપ્રયોગ અહીં ટાંકી શકીએ. ડાયાગ્રામ નં. ૨ પહેલાં જુઓ. હવે સહેજ મોટા કદના પાત્રમાં મધ ભરો અને તે ઘટ્ટ પ્રવાહી અંતરિક્ષ હોવાનું માની લો. પૃથ્વી તરીકે એકાદ ક્રેઝી બોલ પસંદ કરો અને જોરદાર સ્પિન આપી તેને મધમાં પડતો મૂકી દો. દડાની આસપાસનું મધ તેના ધરીભ્રમણની દિશામાં ખેંચાતું તેમજ આંટી ખાતું હોવાની કલ્પના જો કરી શકતા હો તો સમજી લો કે એ જ વાસ્તવિકતા છે. સાપેક્ષવાદની ભાષામાં વિજ્ઞાનીઓ તેને frame-dragging effect કહે છે. દડાની નજીકનું મધ સારૂં એવું તણાય છે. દડાથી વધુ અંતરે તે અસર ક્રમશઃ ઘટે છે. અત્યંત દૂરનું મધ તો સહેજ પણ ખલેલ પામતું નથી. વિચારપ્રયોગને હજી આગળ ચલાવીએ. અનુમાન કરો કે દડો મધમાં ગરક થયો, પણ સાવ તળિયે પહોંચતો નથી. ધરીભ્રમણનો વેગ યથાવત્ છે, જેને લીધે ત્યાંનું મધ પણ ધરીભ્રમણની દિશામાં વળ ખાતું રહે છે.




દડાની જગ્યાએ હવે પૃથ્વીને મૂકો અને મધની બદલીમાં અંતરિક્ષનું ફેબ્રિક આંટી ખાતું હોવાનું કલ્પી લો. આ ફરી પાછું મુશ્કેલ કાર્ય છે. મધ અત્યંત ઘટ્ટ હોય, જ્યારે અંતરિક્ષમાં તો આછીપાતળી હવા પણ નથી. બધે લગભગ શૂન્યાવકાશ છે. શૂન્યાવકાશની ચાદર પૃથ્વીના ધરીભ્રમણને લીધે આંટીભેર ખેંચાય એવું કેમ બને ? અલબત્ત, સાપેક્ષવાદનો જનરલ સિદ્ધાંત જો સો ટચનો હોય તો અંતરિક્ષના 'ખાલીખમ'નું પણ frame-dragging થવું રહ્યું. નહિતર પછી એ સિદ્ધાંત ખોટો છે એમ માની લેવું પડે. બીજી એકેય બાબતમાં તે ખોટો ઠર્યો નથી. દરેક કસોટીમાં તે લગડી સાબિત થયો છે, જે બદલ આઇનસ્ટાઇનને ફુલ માર્ક્સ આપવાના થાય છે.

આ મહાન ભૌતિકશાસ્ત્રીની બાકી રહેતી એકમાત્ર કસોટી વમળાકારે થતા અંતરિક્ષના ખેંચાણને લગતી હતી. સાપેક્ષવાદની જનરલ થિઅરી રજૂ કરાયાને વર્ષો વીતી ચૂક્યા, છતાં એ ફાઇનલ એક્ઝામ લેવાનું બાકી રહી ગયું. પરીક્ષા મુલત્વી રહ્યાનું કારણ પૂછતા નહિ. બહુ દેખીતું છે. અંતરિક્ષ કહેવાતી જે 'વસ્તુ' પોતે અદ્રશ્ય હોય તેને અવકાશી ગોળાની ફરતે અમળાતી જોવી કેમ ?

અલબત્ત, (ચાદર જો ખરેખર અમળાતી હોય તો) એ કામ પણ અશક્ય ન હતું. આ અંતિમ કસોટી માટે અમેરિકાના ભૌતિકનિષ્ણાતોએ ૪૦ વર્ષ લાંબી એકધારી તપશ્ચર્યાના અંતે (જૂન, ૨૦૦૩માં) આઇનસ્ટાઇનની ફાઇનલ એક્ઝામ લેવા માટે Gravity Probe B નામનું અંતરિક્ષ યાન તૈયાર કરી નાખ્યું અને અંતરિક્ષમાં તેને પૃથ્વી ફરતે ચકરાવા મારતું પણ કરી દીધું. (આની પહેલાં Gravity Probe A વડે તેમણે ૧૯૭૬માં જનરલ થિઅરીના જુદા



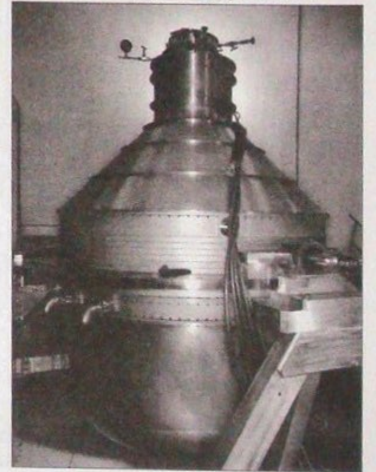


પાસાને ચકાસ્યું હતું. પરિણામ એ જ : આઇનસ્ટાઇન ઉત્તિર્ણ !) ૧૯૬૩થી નાસાના ઉપક્રમે તેમણે અંતરિક્ષ યાનનો દરેક પાર્ટ અસાધારણ ચોકસાઇવાળો બનાવવા માટે અથવા તો કહો કે અશક્ય જણાતી ચોકસાઇના તકાદાનો અમલ શક્ય કરી બતાવવા માટે સખત માનસિક તથા શારીરિક શ્રમ વેઠ્યો ત્યારે માંડ ૨૦૦૩માં Gravity Probe B પૂરેપૂરૂં બની રહ્યું. નાસાના ડેલ્ટા-૨ રોકેટ વડે તેને લોન્ચ કરવા માટે નવેમ્બર ૧૩, ૨૦૦૩નો દિવસ નક્કી થયો. ટેક્નિકલ કારણોસર તેમાં મુદત પડી અને નવું મુહૂર્ત એપ્રિલ ૨૦, ૨૦૦૪નું નીકળ્યું. વિલંબ ભલે થયો, પરંતુ ચાલીસ વર્ષે બનેલા જે યાનને જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનું પરીક્ષણ કરવા પૃથ્વીની ઊંચી ભ્રમણકક્ષામાં પહોંચાડવાનું હોય તેના માટે સોનેરી ગણાતું સૂત્ર તો એ જ કે, 'દેર સે પહુઁચે, દુરસ્ત પહુઁચે.'

આ અંતરિક્ષયાનની રચના અને કાર્ય વિશે જણાવતા પહેલાં તેના જન્મને લગતો સરસ પ્રસંગ અહીં ટાંકવા જેવો છે. અમેરિકાની સ્ટેનફોર્ડ યુનિવર્સિટીના (સદ્ગત) ભૌતિકશાસ્ત્રી લેનાર્ડ શીફે ૧૯૫૯માં એક સામયિકમાં નવી જાતના અદ્યતન જાયરોસ્કોપની ટચૂકડી જાહેરખબર વાંચી. વિલિયમ ફેરબેન્ક નામના વિજ્ઞાની મિત્રને તેણે એ પછી નિરાંતની પળો વખતે સવાલ કર્યો : 'તમે માગો એટલી સચોટ રચનાવાળું અને કહો એટલું સેન્સિટિવ જાયરોસ્કોપ ખરેખર બનાવી શકાય તો એ સાધન તમે શેના માટે વાપરો?'

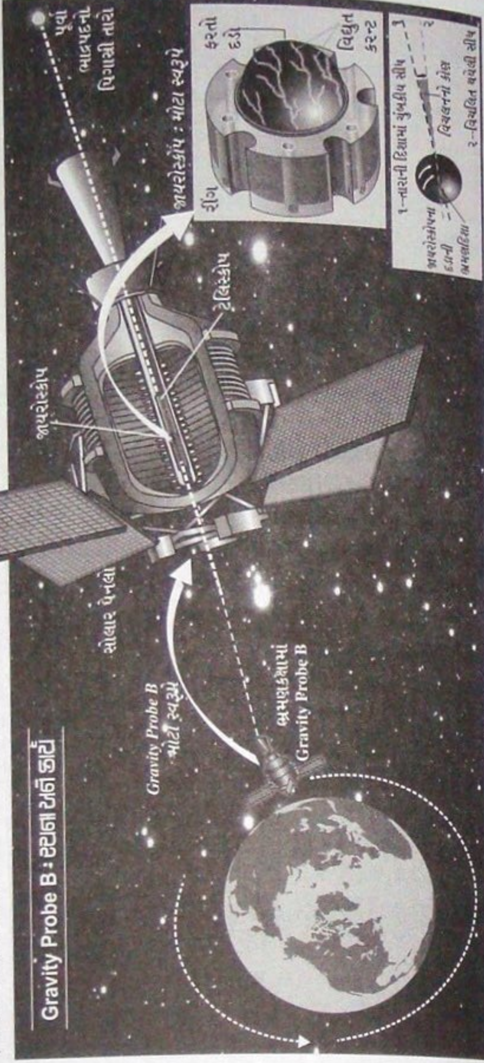
'બેશક, જનરલ થિઅરીની કસોટી લેવા માટે.' વિલિયમ ફેરબેન્કે કહ્યું. લેનાર્ડ શીફે ધારેલો એ જ frame dragging નો મુદ્દો તેણે કાઢ્યો. બેઉ જણાએ ત્યાર બાદ પોતપોતાના બીજા મિત્રો સાથે એ બાબતે ગપસપ કરી. ઘણાખરાનો મત પડ્યો કે પૃથ્વી ભેગાં ઢસડાતા અવકાશી ફેબ્રિકને માપી શકે એવું સૂક્ષ્મગ્રાહી જાંયરોસ્કોપ બનાવવું સંભવ નથી. ચારેક દાયકા પછી એવા જ સૂક્ષ્મગ્રાહી જાયરોસ્કોપ વડે સજ્જ થયેલું Gravity Probe B આઇનસ્ટાઇનની જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનાં છેલ્લાં લેખાંજોખાં માટે ધરમકાંટા તરીકે અંતરિક્ષમાં તૈનાત થયું. સૌથી લાંબો ચાલેલો અવકાશી પ્રોજેક્ટ આખરે મૂર્તિમંત થયો. આ યાનનું હ્રદય ગણો કે મગજ સમજો, પણ તે જાયરોસ્કોપ હતું. સામાન્ય રીતે જાયરોસ્કોપમાં ધાતુનાં ફ્લાયવ્હીલ વપરાય છે, જેમને ફરતાં કર્યાં પછી તેઓ પોતાની ધરીને ટસની મસ થવા દેતાં નથી.

■ *ગ્રેવિટી પ્રોબ B : આઇનસ્ટાઇનની ફાઇનલ એક્ઝામ લેવા માટે ભ્રમણકક્ષામાં ગયેલું અંતરિક્ષયાન*



‘ટસની મસ’ શબ્દપ્રયોગ જો કે આઇનસ્ટાઇનની પરીક્ષા લેતી વખતે કાચો પડે, એટલે Gravity Probe B માં વપરાયેલું જાયરોસ્કોપ સામાન્ય કક્ષાનું નહોતું. કોઈ પણ જાતનું ઘર્ષણ તેને ન વરતાય એટલા માટે બોલ-બેરિંગ્સવાળી ધરીને બાકાત રાખવી પડી છે. પૈડાં જેવાં ફ્લાયવ્હીલમાં ધાતુકણોનું વિસ્તરણ બધે સપ્રમાણ થયેલું ન હોય એ પણ નક્કી, માટે એ ડિઝાઇનને પણ રદિયો આપવો પડ્યો. ચોકસાઈનો તકાદો એવો છે કે ધાતુકણોની જરાસરખી અસમાન વહેંચણી ફરતા પૈડાને જરાસરખું ડગડગાવે એ પણ ન ચાલે. આ નજીવો વિક્ષેપ પ્રોજેક્ટ પર (અને લાંબી મહેનત પર) પાણી ફેરવી દે.

ચોકસાઈનો તકાદો આટલો સંગદિલ હોવાનું કારણ શું? ભૌતિકશાસ્ત્રી લેનાર્ડ શીફે વર્ષો પહેલાં જનરલ થિઅરીની ફોર્મ્યુલાઓ લડાવીને શોધી








કાઢ્યું તેમ Gravity Probe B ના જાયરોસ્કોપે પોતાના orientation/દિશામાનમાં પડેલો અત્યંત સૂક્ષ્મ તફાવત માપી બતાવવાનો હતો. દિશામાન બદલાય એ જરૂરી નથી, પરંતુ સાપેક્ષવાદની જનરલ થિઅરી જો સાચી હોય તો દિશામાન બદલાવું એ જરૂરીને બદલે અનિવાર્ય છે. લેનાર્ડ શીફના હિસાબે જાયરોસ્કોપની રૂખમાં ૧ વર્ષે ૦.૦૦૦૭° જેટલો તફાવત પડવો રહ્યો. આ ભૌતિક અસરનું સાદું ઉદાહરણ સૂર્યઘડિયાળના બદલાતા પડછાયામાં જોવા મળે છે. મધ્યાહ્નના સમયે તેની ત્રિકોણાકાર શંકુપટ્ટીને ધારોધાર સૂર્ય તરફ મંડાયેલી રાખો ત્યારે પડછાયો પડતો નથી. થોડી વાર બાદ પડછાયો દેખાય અને પછી ક્રમશઃ લંબાતો રહે, એટલે કહી શકાય કે સૂર્ય અગર તો પૃથ્વી સ્થાનાન્તર કરે છે.

કંઈક એવું જ Gravity Probe B ના કેસમાં પણ બનવું રહ્યું--અને બન્યું પણ ખરૂં! લગભગ ૬૪૦ કિલોમીટર ઊંચે નિયત ભ્રમણકક્ષામાં પૃથ્વીની આસપાસ ફરતા યાનની અંદર જાયરોસ્કોપમાં ફ્લાયવ્હીલને બદલે વપરાયેલાં પિંગ પોંગના બોલ જેવડાં સ્ફટિકના ચાર દડા રોટર તરીકે ફરતાં હતાં. વીજળીની superconductor/અતિવાહક ધાતુ નિઓબિયમનું રૂપેરી આવરણ ચડાવેલા એ દડાને પ્રવાહી હિલિયમ વડે શૂન્ય નીચે ૨૭૧° સેલ્શિયસના ટેમ્પ્રેચરે સાવ ટાઢાબોળ કરી દેવાયેલા, એટલે નિઓબિયમે વીજળી સામેનો અવરોધ સંપૂર્ણ ગુમાવી દીધો. એક વાર તેમાં દાખલ કરાયેલો વીજપ્રવાહ નિરંતર વહેતો હતો. પ્રત્યેક દડાને આવરી લેતી રીંગની આંતરિક સપાટીએ વીજદંડ હોવાને લીધે ચુંબકીય અપાકર્ષણ સર્જાય, પરિણામે તે પરિબળ હંમેશ માટે દડાને રીંગથી અળગો રાખતું હતું. અળગો મીન્સ ૦.૦૨૫ મીલીમીટર છેટે ! અને છતાં દડાની સપાટી એટલી લીસ્સી કે રીંગ અને દડા વચ્ચે ઘર્ષણ થવાની સહેજ પણ સંભાવના નહિ. (ફિનિશિંગનો આવો માપદંડ જો પૃથ્વીને લાગુ પાડો તો સૌથી ઊંચો પર્વત ફક્ત ૨.૪૫ મીટર ઊંચો હોય તે પણ લખી લો!) આ રીતે સુપરકન્ડક્ટિવિટીના પ્રતાપે દડો અદ્ધર થયા પછી નાનીશી ટ્યુબ દ્વારા નીકળતો હિલિયમ વાયુનો છૂંકારો દડાને ઘૂમરી ખવડાવતો હતો અને મિનિટના ૧૦,૦૦૦ આંટા લેખે ફેરવતો હતો. આ ગતિ એક વાર મળી તે મળી, કેમ કે શૂન્યાવકાશમાં તો ફિક્શનનો સવાલ જ નહિ.

વિદ્યુતચુંબકત્વના સિદ્ધાંત મુજબ સુપરકન્ડક્ટિંગ પદાર્થની વિદ્યુતનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર તેના કાટખૂણે રચાય, માટે Gravity Probe B માં જાયરોસ્કોપના દડાને યાંત્રિક ધરી ન હોવા છતાં ચુંબકીય ધ્રુવ તેમાં ધરીની ગરજ સારતું હતું. જાયરોસ્કોપની આગળ ગોઠવાયેલું ટેલિસ્કોપ તે ચુંબકીય લાઇનને જ લાઇનદોરી સમજી પૂર્વા ભાદ્રપદ નક્ષત્રના પિગાસી નામના તારાની દિશામાં મંડાયેલું રહેતું હતું. એકલવ્યની નજરે એ તારાને સતત જોતું હતું--સતત છ વર્ષ સુધી!

એપ્રિલ ૨૦, ૨૦૦૪ના રોજ અંતરિક્ષમાં ગયેલું Gravity Probe-B યાન ભ્રમણકક્ષામાં વ્યવસ્થિત ગોઠવાયું અને પિગાસી તારાની બિલકુલ સીધમાં આવ્યું એ પછી ઓગસ્ટ ૨૭, ૨૦૦૪માં વૈજ્ઞાનિક અભ્યાસ શરૂ કરવામાં આવ્યો. આઇનસ્ટાઇન ભેગી નાસાના ભૂમિસ્થિત નિષ્ણાતોની પણ કસોટીનો આરંભ થયો, કેમ કે પરીક્ષણ દરમ્યાન યાનમાં કોઈ ટેક્નિકલ ડખો ઊભો થાય તે પાલવે તેમ ન હતું. Gravity Probe-B ના મિશન પાછળ નાસાએ ૭૫ કરોડ

ડોલરનો ખર્ચ કરી નાખ્યો હતો, એટલે તે અવકાશયાન ધાર્યું કામ ન આપે તો બધી રકમ ગયા ખાતે માંડી વાળવી પડે તેમ હતી. આઇનસ્ટાઇન સાચો કે ખોટો ? એ સવાલ યથાસ્થાને રહી જવા પામે એ વળી બીજી મોકાણ !

નાસાના (અને ખુદ આઇનસ્ટાઇનના) સદ્‌ભાગ્યે એવું બન્યું નહિ. યાનના ચાર પૈકી એક જાયરોસ્કોપના કાર્યમાં થોડોક પ્રોબ્લેમ થયો, પણ મિશનમાં બાધારૂપ સાબિત થાય એટલો તે ગંભીર ન હતો. ડિસેમ્બર, ૨૦૦૬માં ત્રીજા અને અંતિમ તબક્કાનું પરીક્ષણ પૂરું થયું એ પછી નાસાના ભૂમિમથકે સંશોધકોની ટીમ Gravity Probe-B યાને મોકલેલા થોકબંધ ડેટાનું વિશ્લેષણ કરવા દિવસ-રાત મચી પડ્યા. આ કામ લાંબો વખત ચાલ્યું. અંતે મે ૪, ૨૦૧૧ના રોજ નાસાએ તેનો રિપોર્ટ રજૂ કર્યો, જેમાં સંશોધકોએ જણાવ્યું કે બ્રહ્માંડની અદૃશ્ય ચાદર પૃથ્વી જેવા ગોળાની ગતિને કારણે ખરેખર જ નજીવા પ્રમાણમાં મરોડાય છે. Gravity Probe-B યાને જણાવ્યું તેમ ચાદરનું ખેંચાણ વાર્ષિક ૦.૦૩૭ આર્કસેકંડ (૧ આર્કસેકંડ = ૧ અંશનો ૩૬૦૦મો ભાગ અથવા ૦.૦૦૦૨૭°) જેટલું છે. આ આંકડામાં ૧૯ ટકા વધઘટને અવકાશ છે--અને ભૂલચૂક લેવીદેવી જેવી એ ક્ષતિ Gravity Probe-B ના ચાર પૈકી એક જાયરોસ્કોપની નાદુરસ્ત તબિયતે સર્જી છે.

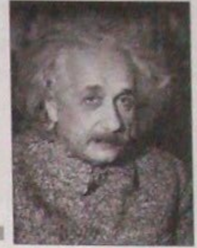
આંકડાનું જો કે બહુ મહત્ત્વ નથી. મૂળ મુદ્દો જુદો છે. બ્રહ્માંડની અદૃશ્ય ચાદરને પૃથ્વી જેવો અવકાશી ગોળો મરોડે છે એ થિઅરી વૈજ્ઞાનિક રીતે સો ટચની પૂરવાર થયાનો બનાવ વધુ મહત્ત્વનો છે. આઇનસ્ટાઇન સાચો ઠર્યો, માટે એમ કહી શકાય કે ગુરુત્વાકર્ષણ અંગે ન્યૂટને રજૂ કરેલી થિઅરી ખોટી સાબિત થઇ. બે પદાર્થો (દા.ત. સૂર્ય અને પૃથ્વી) વચ્ચે કુદરતી ખેંચાણને ન્યૂટને ગુરુત્વાકર્ષણનું લેબલ માર્યું હતું. આ ખ્યાલ Gravity Probe-B ના સંશોધને ખોટો ઠરાવ્યો છે. બ્રહ્માંડની અદૃશ્ય ચાદરમાં સૂર્ય જેવા મોટા કદના ગોળાએ રચેલી ગર્તાનો ઢોળાવ જ પૃથ્વી જેવા નાના કદના ગતિશીલ ગોળાને તેની આસપાસ ઘૂમરી ખવડાવે છે એવું આઇનસ્ટાઇનનું મંતવ્ય હવે સાચું પૂરાવર થયું છે.

પરીક્ષણનું પરિણામ : અંતિમ કસોટીમાં પણ આઇનસ્ટાઇન ફુલ્લી પાસ.

આજથી સાડા નવ દાયકા પહેલાં આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇને પૃથ્વી પર બેઠા બેઠા બ્રહ્માંડનું જે સ્વરૂપ કલ્પ્યું હતું તેને નાસાના Gravity Probe-B અવકાશયાને બ્રહ્માંડમાં રૂબરૂ જઇને 'અનુભવ્યું' છે, એટલે હવે આઇનસ્ટાઇનની જનરલ થિઅરી ઓફ રિલેટિવિટીને વળી પાછો બેનિફિટ ઓફ ડાઉટ આપવાનો સવાલ રહેતો નથી.■

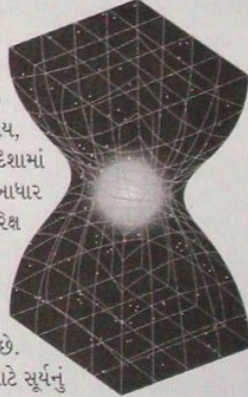


11



# આઇનસ્ટાઇન : અંતિમ દિવસો

**આ**ઇનસ્ટાઇને ૧૯૧૫ માં રજૂ કરેલી જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીનો ટૂંક સાર એ છે કે અંતરિક્ષ સપાટ કે ઇસ્ત્રીદાર નથી--અને જો હોય તો તેમાં ગુરુત્વાકર્ષણનું પરિબળ/force સંભવે નહિ. આઇનસ્ટાઇનના મતે એ પરિબળ ખુદ વાસ્તવમાં પરિબળ નથી. સ્પેસ-ટાઇમ કહેવાતી સ્થિતિસ્થાપક ચાદરની વિશિષ્ટ ભૂમિતિનું એ સીધું પરિણામ છે, જેને આઇનસ્ટાઇને 'ફોર્સ' તરીકે સ્વીકાર્યું નથી.



જનરલ થિઅરી મુજબ ગુરુત્વાકર્ષણનું સર્જન જુદી રીતે થાય છે. દરેક અવકાશી ગોળો પોતાના દળ/mass થકી એ ચાદરમાં ગોબો રચે છે. રબ્બરની બનેલી અને લંબાઇ તથા પહોળાઇ ધરાવતી સામાન્ય ચાદર ટુ-ડાયમેન્શનલ હોય, પરંતુ અંતરિક્ષ મલ્ટિ-ડાયમેન્શનલ હોવાને લીધે ગોબો બધી દિશામાં રચાય છે. (બાજુની આકૃતિ.) ઊંડાઇમાં તે કેવોક હોય તેનો આધાર અવકાશી ગોળાના દળ પર રહે છે. દળ જેમ વધારે તેમ અંતરિક્ષ વધુ પ્રમાણમાં મરોડાય અને વધારે ઊંડો ગોબો બને.

--ત્યારે ગુરુત્વાકર્ષણ શું છે? અંતરિક્ષનો મરોડ/wrap એ જ આઇનસ્ટાઇનની જનરલ થિઅરી અનુસાર ગુરુત્વાકર્ષણ છે--અને માટે તે પરિબળ નથી. ભૂમિતિ છે. આમ, પૃથ્વી હંમેશા સૂર્યની પ્રદક્ષિણા કરતી રહે છે તેના માટે સૂર્યનું

પોતાનું ગુરુત્વાકર્ષણ જવાબદાર નથી, બલકે સૂર્યએ રચેલા ગોબામાં પૃથ્વીને સફર ખેડવાનો મિનિમમ અવરોધનો માર્ગ મળી રહેતો હોવાને કારણે તે સૂર્યના ચકરાવા લે છે. ગોબાની ભૂમિતિને તે અનુસરે છે. ગુરુત્વાકર્ષણની આવી વ્યાખ્યાનો મતલબ એ થાય કે સૂર્ય અત્યારે છે તેના કરતાં વધુ દળદાર હોય તો પોતાની ફરતેના અંતરિક્ષને તે ગોબારૂપે વધુ પ્રમાણમાં મરોડે અને તેના ગુરુત્વાકર્ષણની અસર હાલ કરતાં વધુ દૂર સુધી પહોંચે. અસર છેવટે તો અવકાશી ભૂમિતિને આભારી હોય એ ભુલવા જેવું નથી--અને તે બાબતમાં આઇનસ્ટાઇન તથા ન્યૂટન એકમેક કરતાં જુદા પડે છે. ન્યૂટનની દ્રષ્ટિએ ગુરુત્વાકર્ષણ એ દરેક પદાર્થનો અંતર્ગત ગુણધર્મ છે, જ્યારે આઇનસ્ટાઇનના મતે ગુરુત્વાકર્ષણ એટલે સ્પેસટાઇમ કહેવાતા અવકાશની ભૂમિતિ સિવાય કશું નહિ.

આઇનસ્ટાઇનની જનરલ થિઅરી આવા વિસ્મયજનક મંતવ્યોના હિસાબે શરૂઆતમાં સ્વાભાવિક રીતે શંકાસ્પદ ઠરી અને ભૌતિકનિષ્ણાતો તેનું વહેલી તકે પરીક્ષણ કરવા અધીરા બન્યા. પરીક્ષણ કેવી રીતે થયું અને ત્યાર બાદ ન્યૂટન પછીના સૌથી મહાન વિજ્ઞાની તરીકે આઇનસ્ટાઇને જગતવ્યાપી પ્રસિદ્ધિની રોશનીમાં જીવનનાં શેષ વર્ષો કેવી રીતે વીતાવ્યાં તેની કથા પ્રસ્તુત પ્રકરણમાં વાંચો.

■

આઇનસ્ટાઇને ૧૯૦૫ માં સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી ઘડી કાઢ્યા પછી તેને ભૌતિકનિષ્ણાતોનું સમર્થન મળતાં વાર નહોતી લાગી. વિદ્યુતચુંબકીય મોજાં તરીકે પ્રવાસ ખેડનાર પ્રકાશનો વેગ અફર હોવાની સાબિતી મળી ચૂકી હતી, જેના સંદર્ભમાં થિઅરીનાં બીજાં પાસાં મેથેમેટિકલ ફોર્મ્યુલાઓ દ્વારા આપોઆપ પુરવાર થતાં હતાં--અને તે પણ એટલી ફૂલપ્રૂફ રીતે કે ૧૯૧૭ માં બ્રિટનની રૉયલ એસ્ટ્રોનોમિકલ સોસાયટીએ તે થિઅરી સામે શંકાની આંગળી ચીંધતા અભ્યાસલેખોને કચરાટોપલીના હવાલે કરવાનો નિર્ણય જાહેર કરી દીધો હતો. શંકાખોરોની સંખ્યા પણ ત્યાં સુધીમાં ઝાઝી રહી ન હતી, બલકે સ્પેશ્યલ થિઅરીને પડકારવી એ માતબર ભૌતિકનિષ્ણાતોના સર્કલની કાગારોળ વહોરી લેવા બરાબર હતું.

જનરલ થિઅરીનો કેસ જુદો હતો. આઇનસ્ટાઇને તેમાં મરોડાતા અંતરિક્ષની વાત કહી

■ સૂર્યગ્રહણનો ટેલિસ્કોપિક અભ્યાસ કરવા બ્રાઝિલ ગયેલી વિજ્ઞાનીઓની ટીમ









ભૌતિકનિષ્ણાતોના મગજને ચકરાતું કરી દીધું હતું. ઇથર જેવો એકેય પદાર્થ ન ધરાવતું એટલે કે શૂન્યાવકાશનું બનેલું અંતરિક્ષ મરોડાય શી રીતે ? અંતરિક્ષ માટે વપરાયેલી રબ્બરિયા ચાદરની ઉપમા તો માત્ર ઉપમા હતી. એક કલ્પના હતી. રબ્બરની ચાદર તેની વચ્ચોવચ રહેલા વજનદાર ગોળાને લીધે મરોડ પામી શકે, પરંતુ આઇનસ્ટાઇને વર્ણવેલું અંતરિક્ષ રબ્બરનું ન હતું અને તેમાં રચાતો મલ્ટિ-ડાયમેન્શનલ ગોબો પણ અવકાશી ગોળાના વજનને બદલે તેના દળને આભારી હતો. કોઇ પણ જાતના તાણાવાણા વગરના અંતરિક્ષ પર દળની અસર થાય તે માનવા જેવું ન હતું. એકાદ સંગીન પુરાવો ન મળે ત્યાં સુધી તો બેશક નહિ.

નિષ્ણાતોએ પુરાવો છેવટે પ્રયોગશાળાને બદલે અંતરિક્ષમાં જ શોધવાનો થયો અને તે શોધ માટેના અનુકૂળ સંજોગો પેદા થવામાં ચાર વર્ષ નીકળી ગયાં. સૈદ્ધાંતિક રીતે મામલો એકંદરે સિમ્પલ હતો : દૂરથી આવતા તારાના પ્રકાશને માર્ગમાં ક્યાંક આઇનસ્ટાઇનનું મરોડાયેલું અંતરિક્ષ જો અડફેટે ચડે અને તે પ્રકાશનાં કિરણો મરોડ અનુસાર વળી જાય તો નક્કી સમજવું કે આઇનસ્ટાઇન સાચો હતો. જનરલ થિઅરી પ્રમાણે સૂર્યના ગોળા પાસે એ જાતનો મરોડ રચાતો હોવો જોઇએ. દિવસે જો કે સૂર્યના પ્રખર તેજ વચ્ચે તારાનો પ્રકાશ દેખી શકાય નહિ અને રાત્રે સૂર્ય દેખાય નહિ. ફક્ત ખગ્રાસ સૂર્યગ્રહણ એવો મોકો છે કે જ્યારે એ જાતનું પરીક્ષણ કરવું શક્ય બને, પરંતુ ત્યારે પણ સૂર્યની પાશ્ચાદ્‌ભૂમિકાનો તારો સૂર્યની અને પૃથ્વીની બિલકુલ સીધમાં ગોઠવાય એ જરૂરી હતું. આ જાતનું ગ્રહણ મે ૨૯, ૧૯૧૯ ના રોજ થવાનું હતું, જ્યારે સૂર્યની અને ચંદ્રની તકતીઓ પોતાની બિલકુલ પાછળ આવેલા રોહિણી નામના તારાને ટૂંક સમય માટે ઢાંકી દેવાની હતી. તારો પોતે ભલે તકતીની ઓથે ગાયબ રહે, પરંતુ જનરલ થિઅરીમાં જો વજૂદ હોય તો તેનાં પ્રકાશકિરણો સૂર્યના એકદમ સાન્નિધ્યમાં આવ્યા પછી દિશા બદલે, પૃથ્વી તરફ ફંટાય અને ચંદ્રની કાળી તકતી પાસે તેનું પ્રકાશિત ટપકું જોવા મળે એ સ્વાભાવિક વાત હતી.



■ આર્થર એડિંગ્ટન : જનરલ થિઅરીનું પહેલવહેલું પારખું કરનાર બ્રિટિશ ખગોળશાસ્ત્રી

ગ્રહણ થવા આડે બે વર્ષ બાકી હતાં. વળી તે યુરોપમાં નહિ, પણ આફ્રિકાના પશ્ચિમ કાંઠે અને દક્ષિણ અમેરિકાના પૂર્વ કાંઠે દેખાવાનું હતું. પરિણામે સૂક્ષ્મગ્રાહી વૈજ્ઞાનિક સાધનો તૈયાર રાખીને ત્યાં પડાવ નાખવાનું જરૂરી બન્યું. આ ખર્ચાળ પ્રવાસ અભિયાનમાં ખરેખર તો આઇનસ્ટાઇનના જર્મનીને રસ પડવો જોઇએ, પરંતુ જર્મન સરકાર એટલા માટે નિષ્ક્રિય રહી કે આઇનસ્ટાઇન યહૂદી હતો. બ્રિટિશ સરકારે રસ લેવાનું કારણ ન હતું, કેમ કે બ્રિટન ત્યારે આઇનસ્ટાઇનના જર્મની સામે પ્રથમ વિશ્વયુદ્ધ ખેલી રહ્યું હતું. આમ છતાં વૈજ્ઞાનિક સંશોધનને દેશના સીમાડા લાગુ ન પડાય એવું માનતી બ્રિટિશ સરકારે રૉયલ એસ્ટ્રોનોમિકલ સોસાયટીને

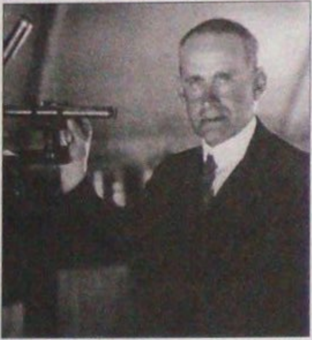
યાત્રાની પૂર્વતૈયારી માટે ૧,૦૦૦ પાઉન્ડ ફાળવ્યા. સોસાયટીએ અભિયાનના સૂત્રધાર તરીકે એ સમયના જગમશહૂર ખગોળશાસ્ત્રી આર્થર એડિંગ્ટનને પસંદ કર્યો.

વૈજ્ઞાનિક દ્રષ્ટિએ પસંદગી યોગ્ય હતી. રાજકીય દ્રષ્ટિએ રૉયલ સોસાયટીને એડિંગ્ટન કરતાં વધુ અયોગ્ય ઉમેદવાર બીજો ન મળ્યો હોત, કેમ કે એડિંગ્ટન ક્વેકર/Quaker તરીકે ઓળખાતા શાંતિપ્રેમી બ્રિટિશ સંગઠનનો મેમ્બર હતો; એટલે કે પ્રથમ વિશ્વવિગ્રહનો પ્રખર વિરોધી હતો. આ સંગઠનના મતે વિશ્વયુદ્ધ બ્રિટને શરૂ કર્યું હતું અને જર્મનીના કશા વાંકગુના વગર તેના પર ઠોકી બેસાડ્યું હતું. બ્રિટિશ સરકારે શરૂઆતમાં ક્વૅકર જૂથના સભ્યોને અવગણ્યા, પણ વિશ્વયુદ્ધ સામે તેમનો વિરોધ જ્યારે વધી પડ્યો ત્યારે બ્રિટનમાં મિડલેન્ડ ખાતે યુદ્ધકેદીઓની છાવણી જેવો કેમ્પ સ્થાપી અનેક જણાને તેમાં પૂરી દીધા. એડિંગ્ટનની ધરપકડનું વૉરન્ટ પણ તૈયાર હતું. બીજી તરફ બ્રિટિશ ઍસ્ટ્રોનોમિકલ સોસાયટીને તેના ખગોળશાસ્ત્રીય જ્ઞાનની તાતી જરૂર હતી. સમજો કે તેના વગર ખગ્રાસ ગ્રહણનો જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીની દ્રષ્ટિએ અભ્યાસ કરવાનું શક્ય ન હતું. બ્રિટિશ સરકારે છેવટે એડિંગ્ટનની ગિરફતારી કરવાનું મોકૂફ રાખ્યું. ખગ્રાસ ગ્રહણના અભ્યાસ સુધીની મુદત નાખી. એડિંગ્ટન નસીબદાર કે ૧૯૧૯ માં ગ્રહણ થાય એ પહેલાં ૧૯૧૮ માં જ વિશ્વયુદ્ધનો નીવેડો આવી ગયો.

એપ્રિલ, ૧૯૧૯ માં આર્થર એડિંગ્ટને ખગોળનિષ્ણાતોની બે ટુકડીઓ રચી. એક ટુકડીએ આફ્રિકાના પશ્ચિમ કિનારે ગીનીના અખાતમાં પ્રિન્સિપે નામના ટાપુ પર ગ્રહણના અભ્યાસનો સરંજામ ગોઠવવાનો હતો, જ્યારે બીજી ટુકડીએ દક્ષિણ અમેરિકાના બ્રાઝિલમાં સોબ્રાલ નામના ગામે પડાવ નાખવાનો હતો. ગ્રહણના અભ્યાસ માટે બેઉ સ્થળો માફકસરનાં હતાં.

આર્થર એડિંગ્ટન તેના મદદનીશ વિજ્ઞાનીઓ સાથે એપ્રિલ ૨૩, ૧૯૧૯ ના દિવસે જહાજ દ્વારા પ્રિન્સિપે ટાપુએ પહોંચ્યો. ગ્રહણ થવાને એકાદ મહિનાની વાર હતી, છતાં સાધનસરંજામ ગોઠવવામાં અને તેમનું સંતોષકારક રીતે પરીક્ષણ કરવામાં એટલો સમય વીતી જવાનો હતો. એડિંગ્ટને રોહિણી નક્ષત્રના અનેક તારાના ફોટા પાડ્યા અને રેફરન્સ માટે સાચવી રાખ્યા. રોહિણીના નક્ષત્ર ભેગી તેના મુખ્ય તારાની પણ તસવીરો એમાં સામેલ હતી.

■ પ્રિન્સિપે ખાતે લેવાયેલી આર્થર એડિંગ્ટનની તસવીર



મે ૨૯, ૧૯૧૯ ના દિવસે ગ્રહણ થાય એ પહેલાં એડિંગ્ટનના નસીબને ગ્રહણ લાગ્યું. વહેલી સવારે આકાશમાં વાદળો ચડી આવ્યાં પછી વરસાદ પડવો શરૂ થયો. વાદળોએ સૂર્યને ઢાંકી દીધો. ઉષ્ણકટિબંધના વિષુવવૃત્ત પાસે આવું વાતાવરણ સામાન્ય રીતે વર્ષના દસેક મહિના રહે, માટે એડિંગ્ટને ગ્રહણ જોવાની આશા છોડી દીધી. ઍટલાન્ટિકની પેલી તરફ બ્રાઝિલના સોબ્રાલમાં





પણ જો હવામાન વરસાદી કે વાદળિયું હોય તો મોટા ખર્ચે હાથ ધરાયેલું વૈજ્ઞાનિક અભિયાન છેવટે ફ્લોપ જવાનું હતું. જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીને ચકાસવાનો બીજો ચાન્સ ત્યાર પછી ચારેક વર્ષે સપ્ટેમ્બર ૧૦, ૧૯૨૩ ના રોજ મળવાનો હતો.

પરંતુ નસીબે એડિંગ્ટનનો સાથ પૂરેપૂરો છોડ્યો ન હતો. એક તરફ બપોરે ૧:૩૦ વાગ્યે સૂર્યને ગ્રહણ લાગવાનું શરૂ થયું અને બીજી તરફ બાય ચાન્સ વાદળો હટી ગયાં. વરસાદ પણ બંધ થયો. હવે મિનિટો ગણાતી હતી. એડિંગ્ટનને ગ્રહણ જોવાની ફુરસદ ન મળી. ટેલિસ્કોપિક કેમેરા વડે એક પછી એક ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ પર તસવીરો ઝીલવામાં તે વ્યસ્ત રહ્યો. સૌથી મહત્ત્વની તસવીરો ખેંચવાનો વારો આવ્યો તે સમયે જ આકાશમાં સૂર્યની કાળી પડેલી એટલે કે ચંદ્ર વડે ઢંકાયેલી તકતી આડે ફરી કેટલાંક આછાં વાદળો છવાયાં અને ખેલ બગાડી નાખ્યો.

૧૯૧૯માં લેવાયેલી ખગ્રાસ સૂર્યગ્રહણની તસવીર

આઇનસ્ટાઇનની પહેલી પરીક્ષા : ૧૯૧૯નું સૂર્યગ્રહણ




ફોટોગ્રાફિક પ્લેટની ખરાબ દશાને લીધે ખેલ અમુક હદે તો આમેય બગડી ચૂક્યો હતો. ગરમ, વરસાદી અને ભેજવાળા હવામાનમાં પ્લેટનું ઇમલ્શન સહેજ જોખમાયું હતું. પ્રકાશનાં કિરણો પ્રત્યે તેમની સંવેદનશીલતા જરા ઘટી હતી, જ્યારે બીજી તરફ એ પ્લેટ પર સંભવિતપણે અંકિત્ થનાર રોહિણી તારાનું ટપકું ફક્ત ૧ મીલીમીટર વ્યાસમાં પથરાય એટલું સૂક્ષ્મ હતું. આ સફેદ ટપકું રોહિણી તારાનું જ છે કે પછી ઇમલ્શનની બદલાયેલી કેમિસ્ટ્રીનો એ પ્રતાપ છે તે જાણવું કેમ ?

બ્રિટન પાછા ફર્યા બાદ એડિંગ્ટને જોયું કે ટપકું માત્ર એક પ્લેટ પર ઝીલાયું હતું. બાકીની પ્લેટમાં ચંદ્રની તકતી કાળીધબ્બ દેખાતી હતી. એક ફોટાનો આધાર પકડી આઇનસ્ટાઇનને સાચો જાહેર કરી શકાય નહિ, એટલે બ્રિટિશ ઍસ્ટ્રોનોમિકલ સોસાયટીએ બ્રાઝિલ ગયેલી બીજી ટીમ પાછી ફરે ત્યાં સુધી રાહ જોવાનું નક્કી કર્યું. દિવસો લાંબો જહાજી પ્રવાસ ખેડીને એ ટીમ જૂનના અંતે બ્રિટન પહોંચી. નિષ્ણાતોએ પૂરતી તકેદારી સાથે ડઝનેક પ્લેટો ડેવલપ કરી.

પરિણામ એ જ આવ્યું કે જેની આશા ઘણાખરા ભૌતિકનિષ્ણાતોએ રાખી હતી. દરેક પ્લેટ સૂર્ય ઓથે ઢંકાયેલા રોહિણી તારાની હાજરી કહી આપતી હતી એટલું જ નહિ, પણ એ તારાના પ્રકાશનું ગ્રેવિટેશનલ શિફ્ટિંગ આઇનસ્ટાઇને જનરલ થિઅરીમાં ભાખ્યા મુજબનું થયું હતું. સૂર્યએ તેની ફરતેના અંતરિક્ષને પોતાના ગુરુત્વાકર્ષણ બળના પ્રમાણમાં ચોક્કસ

મરોડ આપ્યો હતો અને રોહિણી તારાનાં પ્રકાશકિરણો બિલકુલ એ મુજબ ચોક્કસ માત્રામાં વળ્યાં હતાં. આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનની સ્પેશ્યલ થિઅરી વિશે તો વિજ્ઞાનીઓને લગીરે સંદેહ રહ્યો ન હતો. હવે જનરલ થિઅરી પણ કમ સે કમ અવકાશી મરોડની બાબતે સાચી ઠરી એટલે બ્રહ્માંડનો આખો નકશો જાણે કે તબદિલ પામ્યો. આ બીજી થિઅરીને બ્રિટિશ ઍસ્ટ્રોનોમિકલ સોસાયટીનું અનુમોદન મળ્યા પછી આઇનસ્ટાઇનના નામે અભિનંદનના સેંકડો ટેલિગ્રામ રવાના થયા. એક ટેલિગ્રામ આઇનસ્ટાઇને પોતાની માતાને પાઠવ્યો :

'આજે તને એક ખુશખબર આપું છું. પ્રકાશનાં કિરણો સૂર્ય પાસે વળી જાય એવું બ્રિટનની વૈજ્ઞાનિક ટીમોએ પુરવાર કર્યું છે.'

નવેમ્બર ૭, ૧૯૧૯ ના રોજ ગ્રહણના અભ્યાસનું રિઝલ્ટ જાહેર થયું તે સાથે આઇનસ્ટાઇનની વિજ્ઞાની તરીકેની કારકિર્દી ચરમસીમાએ પહોંચી. દસ વર્ષનાં આંતરે (૧૯૦૫ માં અને ૧૯૧૫ માં) ઘડાયેલા સાપેક્ષવાદના બે સિદ્ધાંતોએ તેને વિજ્ઞાનજગતનો હીરો બનાવી દીધો. દેશવિદેશથી તેને રિલેટિવિટી વિશે પ્રવચનો આપવા માટે આમંત્રણો મળ્યાં. આઇનસ્ટાઇન ત્યારે પોતાની બીજી વારની પત્ની એલ્સા તેમજ બે દીકરીઓ સાથે જર્મનીના પાટનગર બર્લિનમાં રહેતો હતો. સ્વિત્ઝરલેન્ડનું નાગરિકત્વ મેળવ્યા પછી ૧૯૧૪ માં તે જર્મની પાછો ફર્યો હતો, પણ ફરી વખત જર્મન નાગરિક બનવાનું ટાળ્યું હતું. જર્મનીમાં યહૂદીઓ પ્રત્યે થતા અન્યાયો સામે ખુલ્લેઆમ વિરોધ નોંધાવવો એ બીજા અનેક યહૂદીઓની જેમ તેના માટે પણ શક્ય ન હતું, એટલે સ્વિસ નાગરિકત્વ જાળવી રાખી તેણે આડકરતી રીતે પોતાનો વિરોધ દર્શાવ્યો હતો. સ્વિત્ઝરલેન્ડનો જ પાસપોર્ટ વાપરીને ત્યાર પછીનાં બે વર્ષ દરમ્યાન તેણે યુરોપી દેશોની મુલાકાત લીધી. પ્રથમ વિશ્વવિગ્રહ પછી આમ તો બ્રિટન સહિતના બધા વિજેતા દેશોએ જર્મન વિજ્ઞાનીઓનો બહિષ્કાર કર્યો હતો. આંતરરાષ્ટ્રીય વૈજ્ઞાનિક સંમેલનોના દરવાજા જર્મનો માટે બંધ હતા. આ પાબંદી આઇનસ્ટાઇનને તે જર્મન હોવા છતાં લાગુ ન પડી, કેમ કે તેના પાસપોર્ટ પર એ દેશની મહોર ન હતી. આઇનસ્ટાઇનની બૌધિક પ્રતિભાને ધ્યાનમાં લેતાં બ્રિટન જેવા દેશો તેને અવગણી પણ શકે તેમ ન હતા, બલકે માનદ્ ઉપાધિ વડે તેને નવાજવા માટે બધા દેશોની વૈજ્ઞાનિક સંસ્થાઓ ઉત્સુક હતી. વિદેશપ્રવાસો દરમ્યાન આઇનસ્ટાઇનનો ભેટો કેટલાક એવા ધુરંધર વિજ્ઞાનીઓ સાથે થયો કે જેમના વિશે અગાઉ તેણે માત્ર સાંભળ્યું હતું અને ભૌતિકશાસ્ત્રના ક્ષેત્રે જેઓ તેના કરતાં સિનિયર પણ હતા.

■ સાપેક્ષવાદના સમ્રાટો : આઇનસ્ટાઇન, જેણે તે સિદ્ધાંત સમજાવ્યો તથા આર્થર એડિંગ્ટન (જમણે) કે જે સાપેક્ષવાદનું દરેકેદરેક પાસું બરાબર સમજી શક્યો









■ એલ્સા (બીજી પત્ની) સાથે આઇનસ્ટાઇને અમેરિકાની મુલાકાત લીધી ત્યારની તસવીર

એક વિજ્ઞાની આર્થર એડિંગ્ટન પોતે હતો. એડિંગ્ટન સાથેનો મેળાપ આઇનસ્ટાઇન માટે યાદગાર બની રહ્યો. ફક્ત એટલા માટે નહિ કે એડિંગ્ટને ખગ્રાસ ગ્રહણનો અભ્યાસ કરી જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટીને યથાર્થ સાબિત કરી હતી. મુખ્ય કારણ જુદું હતું. બેઉ જણા વિશ્વવિગ્રહના પ્રખર વિરોધી હતા અને શાંતિનું રટણ કર્યા બદલ પોતપોતાના દેશમાં કેટલેક અંશે વગોવાયા હતા. એડિંગ્ટન કરતાં આઇનસ્ટાઇને વધુ 'બદનામી' વહોરી હતી, કેમ કે તે યહૂદીઓ પ્રત્યે જર્મનીમાં થતા અન્યાયનો પણ વિરોધી હતો અને રૂઢિવાદી જર્મનોને તેનું એ વલણ પસંદ ન હતું.

બીજી તરફ યુરોપભરના તિરસ્કૃત યહૂદીઓને આઇનસ્ટાઇનમાં પોતાનો ભાવિ મસીહા દેખાતો હતો, જેની શાખ તેમને અન્યાયો સામે શાંતિપૂર્વક લડવામાં કામ લાગી શકે તેમ હતી. આઇનસ્ટાઇન જો નેતૃત્વ લે તો પેલેસ્ટાઇનમાં યહૂદી રાષ્ટ્રના નિર્માણની પ્રક્રિયા પણ ઝડપી બની શકે એવું માનતા યહૂદી સંગઠને આઇનસ્ટાઇનને ધરાર આગળ કરવા ૧૯૨૧ માં તેનો અમેરિકાનો પ્રવાસ ગોઠવ્યો. આઇનસ્ટાઇન માટે એ પ્રવાસ લેક્ચર ટુર હતો, જ્યારે યહૂદી સંગઠન તે બહાને પેલેસ્ટાઇનની હિબ્રુ યુનિવર્સિટી માટે ફંડફાળો એકત્રિત કરવા ઉપરાંત અમેરિકનો સમક્ષ યહૂદી પ્રજાની બૌધિક પ્રતિભાનો જીવંત નમૂનો પેશ કરવા માગતું હતું. બન્ને આશયો ધાર્યા કરતાં વધુ પ્રમાણમાં ફળ્યા, પણ જોવાલાયક દ્રશ્ય ન્યૂ યોર્ક શહેરમાં આઇનસ્ટાઇનના મોટર રસાલાનું આગમન થયું એ વખતનું હતું. શહેરના રાજમાર્ગ પર બેય તરફ કતારબંધ ઊભા રહેલા ૫,૦૦,૦૦૦ લોકોએ સાપેક્ષવાદના પ્રણેતાનું હર્ષનાદો અને પતાકાઓ વડે અભિવાદન કર્યું. કોઇ વિદેશી રાષ્ટ્રના વડાનું પણ આવું ભવ્ય સ્વાગત અગાઉ



■ આઇનસ્ટાઇન : જર્મન શહેર કેડ્રુથ ખાતે આવેલા પોતાના મકાનમાં

કદી થયું ન હતું, જ્યારે આઇનસ્ટાઇન તો અમેરિકાના શત્રુ દેશ જર્મનીનો વતની હતો. નાગરિક ભલે ન હોય, પણ તેનું વતન જર્મની હતું.

આ નક્કર વાસ્તવિકતા આઇનસ્ટાઇનને ભૌતિકશાસ્ત્રનું નોબેલ પારિતોષિક અપાવવામાં પણ સહેજ બાધારૂપ નીવડી હોય તો કહેવાય નહિ. સ્પેશ્યલ થિઅરી તેણે રજૂ કર્યાને સોળ વર્ષ અને જનરલ થિઅરી ઘડ્યાને ૬ વર્ષ વીતી ચૂક્યાં હતાં, તો પણ સાપેક્ષવાદ બદલ તેને નોબેલ પારિતોષિક એનાયત કરાયું ન હતું. ભૌતિકશાસ્ત્ર માટે આવાં પારિતોષિકો દર વર્ષે જાહેર થતાં હતાં, છતાં તેમાં આઇનસ્ટાઇનનો નંબર લાગ્યો ન હતો. કેમ ન લાગ્યો તેનો ફોડ પારિતોષિક માટે ઉમેદવારોને પસંદ કરતી સ્વિડનની વિજ્ઞાન અકાદમીએ ક્યારેય ન પાડ્યો. સંભવ છે કે જનરલ થિઅરી તેના મતે હજી શંકાના દાયરામાં હતી, એટલે તેણે વધુ પુરાવા મળે ત્યાં સુધી રાહ જોવાનું મુનાસિબ ગણ્યું. આ સંજોગોમાં આઇનસ્ટાઇનને તેની સ્પેશ્યલ થિઅરી માટે નોબેલ ઇનામ આપી શકાયું હોત, પરંતુ વિજ્ઞાન અકાદમીએ તે પણ ટાળ્યું. ૧૯૨૧ માં છેવટે 'ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટ' બદલ આઇનસ્ટાઇન માટે ૩૪,૦૦૦ ડૉલરનું નોબેલ પારિતોષિક જાહેર કરવામાં આવ્યું. સિલિકોન જેવા સેમિકન્ડક્ટર પદાર્થ પર પ્રકાશના ફોટોન કણોનો મારો ચલાવ્યા પછી મુક્ત થતા ઇલેક્ટ્રોનને લગતી તે ઇફેક્ટ અંગે આઇનસ્ટાઇને ૧૯૦૫ માં થિઅરી ઘડી હતી. ૧૯૨૧ માં એ શોધ માટે તેને ભૌતિકશાસ્ત્રનું પારિતોષિક એનાયત કરાયા પછી સાપેક્ષવાદ માટે બીજું પારિતોષિક મળવાનો સવાલ ન રહ્યો.

આમ છતાં ૧૯૨૦ ના દસકામાં આઇનસ્ટાઇનને જગત આખામાં જે ખ્યાતિ મળી તે ફોટોઇલેક્ટ્રિક ઇફેક્ટને નહિ, પણ સાપેક્ષવાદને આભારી હતી. ખ્યાતિ તેને યહૂદી તરીકે મળે અને જર્મનીનું નામ ક્યાંય ન ગાજે એ વાતનું જર્મન સરકારને પેટમાં દુખતું હતું. નવા જર્મન પ્રજાસત્તાકની સ્થાપના પછી ઘડાયેલા કાયદા મુજબ આઇનસ્ટાઇન નાગરિકત્વ માટે અરજી ન કરે તો પણ તે જર્મન નાગરિક ગણાય, કેમ કે તેનો જન્મ એ દેશમાં થયો હતો. બર્લિન યુનિવર્સિટીમાં તેને પ્રોફેસરની નોકરી પણ એ કાયદાને અનુલક્ષીને મળી હતી; એટલે કે તેને જર્મન નાગરિક ધારી લેવાયો હતો. આ સંજોગોમાં વિદેશપ્રવાસો ખેડતી વખતે આઇનસ્ટાઇન





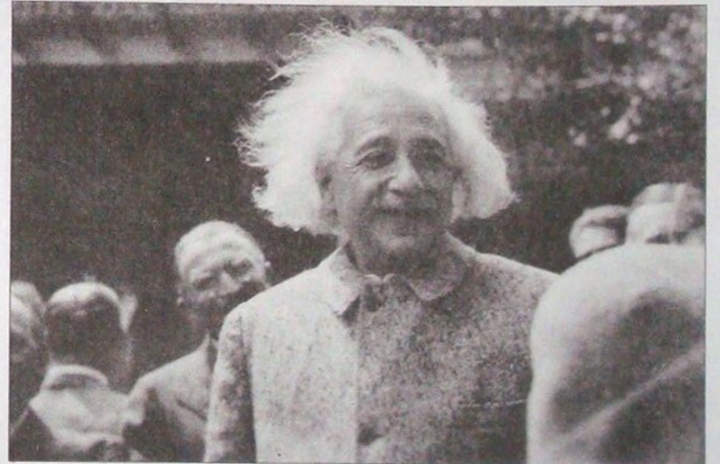
પાસપોર્ટ સ્વિત્ઝરલેન્ડનો વાપરે તે જર્મન સરકારને માન્ય ન હતું. સૌથી બુદ્ધિશાળી માણસ જર્મન ભૂમિ પર પાક્યો છે એમ સિદ્ધ કરવા માગતી સરકારે છેવટે સામે ચાલી આઇનસ્ટાઇનને જર્મન પાસપોર્ટ કાઢી આપ્યો. નોકરી સલામત રહે એટલા ખાતર આઇનસ્ટાઇને તે સ્વીકારવો પડ્યો. આ સ્વીકૃતિના પગલે તે ફરી પાછો જર્મન નાગરિક બન્યો.

જર્મનીનો રાજકીય માહોલ એ પછી ઝડપભેર બદલાવા લાગ્યો. હિટલરના નાઝી પક્ષનું જોર વધ્યું અને યહૂદીઓ પ્રત્યે થતા અન્યાયો પણ વધ્યા. નાઝી પક્ષના સભ્યોની દ્રષ્ટિએ જર્મનો આર્યવંશી હતા, જ્યારે યહૂદી પ્રજા આનુવાંશિક રીતે 'અશુદ્ધ લોહી'ની અને નીચલા દરજ્જાની હતી. એ વાત જુદી છે કે જર્મનીના અગ્રગણ્ય કહી શકાતા કુલ ૧૬૪ વિજ્ઞાનીઓ યહૂદી હતા અને તેમાં આઇનસ્ટાઇનનો પણ સમાવેશ થતો હતો. બૌદ્ધિક પ્રતિભામાં ખરેખર તો આર્યવંશી ગણાતા જર્મનોને બદલે યહૂદીઓ મોખરે હતા, પરંતુ એ વાતનું નાઝી પક્ષની નજરે કશું જ મહત્ત્વ ન હતું.

આ પક્ષ ૧૯૩૨માં સત્તા પર આવ્યો ત્યારે આઇનસ્ટાઇન માટે જર્મનીમાં રહેવું મુશ્કેલ બન્યું. બેલ્જિયમની વિજ્ઞાન અકાદમીનું મહિનાઓ પહેલાંનું આમંત્રણ સ્વીકારી નવેમ્બર, ૧૯૩૨માં તેણે એ પ્રવાસના વિઝા માટે અરજી કરી. વિઝા મળ્યા બાદ યાત્રાના દિવસે જર્મન શહેર કેડુથ ખાતેનું ઘર છોડતી વખતે તેણે પત્ની એલ્સાને સૂચના આપી : 'આ વખતે મન ધરાય ત્યાં સુધી આપણા ઘરને જોઇ લે. આપણે પાછા ફરવાના નથી.'

ટ્રેન દ્વારા બેલ્જિયમ પહોંચ્યા બાદ આઇનસ્ટાઇન તે દેશના પાટનગર બ્રુસેલ્સમાં આવેલી

■ હિટલરના નાઝી જર્મનીમાં આઇનસ્ટાઇનની જેટલી અવગણના થઇ એટલી જ અમેરિકામાં તેને લોકચાહના મળી





■ ૧૯૪૦માં અમેરિકાનું નાગરિકત્વ મેળવતી વખતે દેશ પ્રત્યે વફાદારીના અને નિષ્ઠાના શપથ અપાવતી વિધિમાં આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈન

જર્મન એલચી કચેરી પર ગયો અને ત્યાં પોતાનો જર્મન પાસપોર્ટ સુપરત કરી દીધો. આ સમાચાર જર્મની પહોંચ્યા ત્યારે હિટલરની છૂપી પોલીસ ગેસ્ટાપોએ કેડુથમાં આલ્બર્ટ આઈનસ્ટાઈનના રેઢા પડેલા મકાન પર દરોડો પાડી યહૂદી ચળવળ માટે ત્યાં સંતાડાયેલા કથિત શસ્ત્રોની અને કેટલાક વાંધાજનક દસ્તાવેજોની તપાસ કરી, પણ કશું ન મળ્યું. આઈનસ્ટાઈને પોતાના હસ્તાક્ષરમાં લખેલી વૈજ્ઞાનિક અભ્યાસનોંધોનાં થોકબંધ કાગળિયાં પણ ગાયબ હતાં. યાત્રાના આરંભ પહેલાં આઈનસ્ટાઈને તે હસ્તપ્રતો એક સ્વજન મારફત બેલ્જિયમ મોકલી આપી હતી. ગેસ્ટાપોએ અંતે તેના બેન્ક એકાઉન્ટ પર નજર માંડી અને તેમાં પડેલી ૩૦,૦૦૦ જર્મન માર્ક જેટલી રકમ જપ્ત કરી. આંકડાની દ્રષ્ટિએ મૂલ્યવાન જણાતી એ રકમ વાસ્તવમાં સાવ શુલ્લક હતી, કેમ કે દેશવ્યાપી ફુગાવાએ જર્મન માર્કનું ચલણી મૂલ્ય ઘટાડીને કોડીના તોલનું કરી નાખ્યું હતું.

આઈનસ્ટાઈન હજી પણ સ્વિત્ઝરલેન્ડનો નાગરિક હતો. આ હેસિયતે તેણે અમેરિકાનો વિઝિટર્સ વિઝા મેળવ્યો. મુક્ત રાજકીય વિચારસરણી અને લોકતાંત્રિક રાજ્યવ્યવસ્થા ધરાવતા અમેરિકાને પોતાનું નવું વતન બનાવવાનું નક્કી કર્યા પછી એલ્સા સાથે ૧૯૩૩માં તે ન્યૂ જર્સી પહોંચ્યો, જ્યાંની પ્રિન્સ્ટન ખાતેની ઇન્સ્ટિટ્યૂટ ઑફ એડવાન્સ્ડ સ્ટડી નામની સંસ્થાએ તેને પ્રોફેસરની નોકરી માટેનો નિમણૂંકપત્ર આપી રાખ્યો હતો. અમેરિકાની પ્રજાએ તેને વિજ્ઞાનજગતના સુપરસ્ટાર તરીકે આવકાર્યો, પરંતુ અમેરિકન સરકારનું વલણ જુદું હતું. અમેરિકા સહિત બધા દેશોના યહૂદી લોકોને સામાજિક ન્યાય આપવા માટેની ચળવળમાં આગળ પડતો ભાગ લેતો આઈનસ્ટાઈન કેટલેક અંશે સમાજવાદી વિચારસરણીનો હતો, માટે અમેરિકાની નામચીન ગુનાશોધક સંસ્થા એફ.બી.આઈ. તેને સંદેહની નજરે જોવા ઉપરાંત પોતાના એજન્ટો મારફત તેના પર જાસૂસી નજર રાખતી હતી. પરિણામે આઈનસ્ટાઈન માટે સરકારી નિમણૂંકોના દરવાજા તો જાણે ૧૯૪૦ સુધી બંધ રહ્યા, પરંતુ તેને અમેરિકાનું નાગરિકત્વ





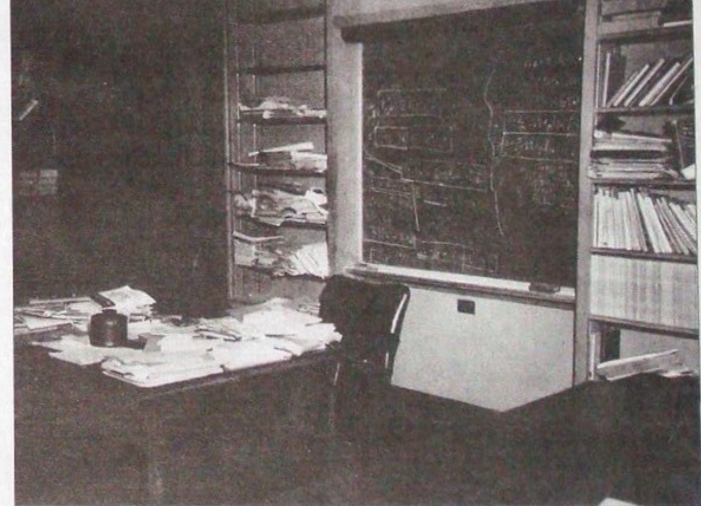
પણ તાત્કાલિક ન મળ્યું. એક વાર અમેરિકાની વૈજ્ઞાનિક લોબીએ આઈનસ્ટાઈનને નાગરિકત્વ આપવા માટે પ્રમુખ ફ્રેન્કલિન રૂઝવેલ્ટ પર દબાણ કર્યું ત્યારે એફ.બી.આઈ.ના નિયામકે તેના અંગે વાંધાજનક માહિતીઓ ઠાંસેલી ૧,૪૨૭ પાનાંની તગડી ફાઈલ રૂઝવેલ્ટને દેખાડી. પરિણામે આઈનસ્ટાઈન સ્વિત્ઝરલેન્ડના નાગરિક તરીકે અમેરિકન કાયદાની દ્રષ્ટિએ માત્ર વિઝિટર્સ વિઝા પર અમેરિકા પધારેલો મુલાકાતી જ રહ્યો. શંકાનાં વાદળો દૂર થવામાં સાતેક વર્ષ નીકળી ગયાં પછી ૧૯૪૦માં આઈનસ્ટાઈનને નાગરિકત્વ મળ્યું--અને તે પણ અમેરિકન સંસદે લોકલાગણીને ધ્યાનમાં રાખીને આપવું પડ્યું.

વૈજ્ઞાનિક પ્રવૃત્તિની દ્રષ્ટિએ આઈનસ્ટાઈનના જીવનનો પૂર્વાર્ધ જેટલો રોમાંચક નીવડ્યો એટલો જ તેના જીવનનો ઉત્તરાર્ધ નવાજૂની વગરનો રહ્યો. ફેબ્રુઆરી, ૧૯૫૫ પછી એ જીવનનો અંત નજીક આવ્યો. આઈનસ્ટાઈનના શરીરમાં છાતીથી પેડુ સુધી લંબાતી મુખ્ય ધમની/arota નો કેટલોક ભાગ દિવસોદિવસ ફુલ્યે જતો હતો અને તબીબી ભાષામાં aneurysm કહેવાતો ફુગ્ગો રચાયો હતો. આ ફુગ્ગો વખત જતાં ફાટે તો આઈનસ્ટાઈનના બચવાની આશા ન હતી. ડૉક્ટરોએ તેને એ જોખમ સામે ચેતવ્યો ત્યારે આઈનસ્ટાઈનના શબ્દો હતા :

'ફાટતો હોય તો ફાટવા દો.'

એપ્રિલ ૧૮, ૧૯૫૫ ની મધરાતે બનવાકાળ છેવટે બન્યું. ધમની ફાટી પડી. હોસ્પિટલના

■ મૃત્યુના આગલે દિવસે પ્રિન્સ્ટન યુનિવર્સિટીમાં પોતના સ્ટડી રૂમમાં આઈનસ્ટાઈને માંડેલી છેલ્લી મેથેમેટિકલ ગણતરીઓ



બિછાને અર્ધમૂર્છિત હાલતે સૂતેલા આઇનસ્ટાઇને છેલ્લા શબ્દો ઉચ્ચાર્યા, પણ તે જર્મન ભાષાના હોવાને લીધે નર્સ સમજી શકી નહિ. આ મહાન વિજ્ઞાની જો કે મિત્રના મોઢે પોતાની છેલ્લી ઇચ્છા વ્યક્ત કરી ચૂક્યો હતો. મૃત્યુ પછી તેનું મગજ તબીબી અભ્યાસ માટે કાઢી લેવાનું હતું અને બાકીના દેહનો અંતિમસંસ્કાર કરી રાખને ક્યાંક અજ્ઞાત સ્થળે વિખેરી દેવાની હતી.

આઇનસ્ટાઇનના મૃત્યુ સાથે ૭૬ વર્ષ લાંબી જીવંત દંતકથાનો છેડો આવી ગયો. આજે શેષ બચ્યું હોય તો રાસાયણિક દ્રાવણ ભરેલી કાચની બરણીમાં સચવાયેલું તેનું મગજ, જેણે આંકી બતાવેલા અબજો પ્રકાશવર્ષ વ્યાપના બ્રહ્માંડમાં પ્રકાશની ગતિ સિવાય કશું અફર નથી. બધું સાપેક્ષ છે, માટે પૃથ્વીના માપદંડ પ્રમાણે માયાવી છે.■

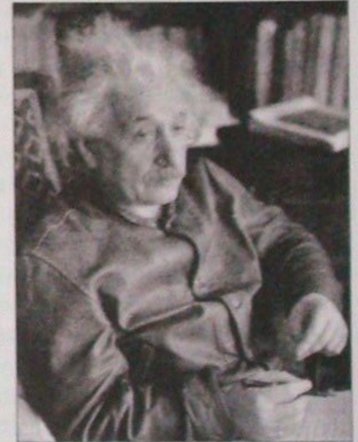


# 12



# આઇનસ્ટાઇનનું મગજ અનોખું હતું ?

**મા**ણસને લગતી દરેક વાતનો અગર તો પ્રસંગનો અંત તેના મૃત્યુ સાથે આવી જાય, પણ અહીં મૃત્યુ સાથે એક મજેદાર વાતનો આરંભ થાય છે.



૧૯૫૫નું વર્ષ ડૉ. આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનના જીવનનું આખરી વર્ષ હતું. આમ તો આગલે વર્ષે પણ દરેક ઘડી તેના માટે આખરી ઘડી નીવડે એવું જોખમ હતું, કારણ કે આઇનસ્ટાઇનના પેડુમાં મહારોહિણી (aorta) કહેવાતી ધમની એકદમ ફૂલી હતી. ધમનીના અમુક ભાગમાં નાનકડા ફુગ્ગા જેવો આકાર રચાયો હતો, જેની અંદર લોહી ભરાયેલું રહેતું હતું. ફુગ્ગો ક્યારે પંક્ચર થાય તે કહેવાય નહિ. ફુગ્ગો જરાક પણ ચીરાય તો આંતરિક રક્તસ્રાવને લીધે જૂજ કલાકોમાં મૃત્યુ નીપજે એ નક્કી હતું. એક વખત આઇનસ્ટાઇને પોતાના અંગત તબીબને પૂછ્યું: 'હું ઑપરેશન કરાવવા માગતો નથી, માટે કહો કે જેમની તેમ સ્થિતિમાં હું હજી



New York World-Telegram
The Sun
ALL Sports FINAL

# DR. EINSTEIN IS DEAD AT 76

Burst Artery Proves Fatal To Physicist

Kindergarten Tots to Get Free Vaccine

Baseball

Reds Blasted As Bandung Talks Begin

Results at Jamaica

Giants Crush Pirates

કેટલાં વર્ષ જીવતો રહી શકું ?'

'ધમની ન ફાટે તો વીસેક વર્ષ અને ફાટે તો વીસ કલાક!'

'ફાટી જવા દો ત્યારે !' આઇનસ્ટાઇને સહજ રીતે જવાબ દીધો. 'ક્યારેક તો મૃત્યુ આવવાનું છે. આવવા માટે કયો સમય પસંદ કરે તેનું શું મહત્વ ?'

વાસ્તવિકતા એ હતી કે ૧૯૫૫માં તબીબીશાસ્ત્ર આજના જેટલું ખીલ્યું ન હતું. આઇનસ્ટાઇનની ફૂલેલી ધમની પર શસ્ત્રક્રિયા કરી શકાય તેમ ન હતી, એટલે ગમે તે ક્ષણે મોતનો ભેટો થવાનો હતો.

એપ્રિલ ૧૨, ૧૯૫૫ના દિવસે આઇનસ્ટાઇનને પેડુમાં ઓચિંતો દુખાવો ઉપડ્યો. ઇઝરાયેલના સ્થાપનાદિનની જયંતીના પ્રસંગે તેણે રેડિઓ બ્રોડકાસ્ટ આપવાનો હતો, જેની પૂર્વતૈયારી કરવાની હતી. આઇનસ્ટાઇન મૂળ જર્મન યહૂદી, એટલે યહૂદી રાષ્ટ્ર માટે થોડોક તો ભોગ આપવો પડે એમ માની તેણે પોતાના દુખાવાને અવગણ્યો. બે દિવસ પછી તકલીફ વધી, છતાં ડૉક્ટરનો સંપર્ક કરવાને બદલે પ્રિન્સટન શહેરની મર્સર સ્ટ્રીટ નામની ગલીના નાકે પોતાના સામાન્ય ઘરમાં જ તે કણસતો પડી રહ્યો. કલાકો પછી મિત્રોએ તેને હોસ્પિટલે પહોંચાડ્યો, જ્યાં દુર્ભાગ્યે તેની જિંદગીના કલાકો ગણાવા શરૂ થયા. પેડુમાં ફુગ્ગો પંક્ચર થયો હતો. લોહીની નીકો વહેતી હતી.

તબિયત વણસે અને મૂર્છિત અવસ્થામાં સરી જવાય એ પહેલાં આઇનસ્ટાઇને પોતાની અંતિમ ઇચ્છા મૌખિક રીતે જાહેર કરી. શુધ્ધ અંગ્રેજી બોલવાનું તેને ફાવતું ન હતું, એટલે મરણપથારી નજીક હાજર રહેલા પોતાના મિત્ર ઑટો નેથનને તેણે જર્મન ભાષામાં જરૂરી સૂચનાઓ આપી. મુખ્યત્વે એ કે તેનું મગજ તબીબી સંશોધન માટે વાપરી શકાય એટલા ખાતર એકાદ હોસ્પિટલને આપી દેવું અને પછી મૃતદેહને અગ્નિદાહ દેવો--જમીનમાં દફનાવવો નહિ ! રાખને અહીંતહીં વિખેરી દેવી, પરંતુ ક્યાં વિખેરી તે જાહેર કરવું નહિ.

એપ્રિલ ૧૮, ૧૯૫૫ના દિવસે આઇનસ્ટાઇનનું મૃત્યુ થયું. ઑટો નેથને તેની અંતિમ ઇચ્છાનું પાલન કર્યું. ઇચ્છાનો તેણે ઢંઢેરો ન પીટ્યો, કેમ કે આઇનસ્ટાઇન પોતાના અવશેષોને (મગજને તથા રાખને) મ્યુઝિયમની ચીજ બનાવવા માગતો ન હતો. રાખનું તો જાણે પાકું સરનામું ન હોય, પરંતુ આઇનસ્ટાઇનના મગજનું સરનામું પણ વર્ષો સુધી ગુપ્ત રહ્યું. આ





સાયન્ટિસ્ટના મગજને જાળવી રખાયું છે એ વાત પણ ખાનગી રહી હતી. ૧૯૭૨માં રોનાલ્ડ ક્લાર્ક નામના લેખકે Einstein : The life and times એ શીર્ષક હેઠળ આઇનસ્ટાઇનની જીવનકથાનું પુસ્તક લખ્યું. (જુઓ, જમણું ચિત્ર). કુલ ૮૭૮ પાનાંના એ પુસ્તકમાં ૭૬૩મે પાને રોનાલ્ડ ક્લાર્કે માત્ર અછડતી રીતે એમ જણાવેલું કે, 'પોતાનું મગજ સંશોધન માટે વપરાય એવો આઇનસ્ટાઇનનો આગ્રહ હતો.' દળદાર પુસ્તકમાં મહાન વિજ્ઞાનીના મગજ વિશે માત્ર એક વાક્ય ! અને રોનાલ્ડ ક્લાર્કે તે વાક્ય પછી આગળ કશી ચોખવટ પણ કરી ન હતી. મગજ કોના હસ્તક છે, કઇ જાતનું રીસર્ચ તેના પર કરાય છે, સંશોધન પછી એ મગજમાં શી વિશેષતા જોવા મળી છે વગેરે મુદ્દાને રોનાલ્ડ ક્લાર્કે ગપચાવ્યા હતા. આમ છતાં તેના પુસ્તકનું વેચાણ શરૂ થયા પછી અફવા ચાલી કે ૧૯૫૫માં આઇનસ્ટાઇન મૃત્યુ પામ્યો તેના સાત કલાક બાદ ખોપરી વાઢીને તેના મગજને અકબંધ રીતે કાઢી લેવાયું હતું.

હકીકત હતી. લોકો ભલે તેને અફવા માનતા રહ્યા, પરંતુ એપ્રિલ ૧૮, ૧૯૫૫ના રોજ આઇનસ્ટાઇનનું પોસ્ટ મોર્ટમ કરનાર થોમસ હાર્વે નામના તબીબે મગજને બહાર કાઢ્યા બાદ ઇન્જેક્શન વડે તેમાં ફોર્માલિન રસાયણ ઠાંસ્યું હતું. મિનિટો પછી તેને એ જ રસાયણ ભરેલી પહોળા મોઢાની અને મોટા વ્યાસની પારદર્શક બરણીમાં મૂક્યું હતું. પોસ્ટ મોર્ટમ જ્યાં કરાયું એ પ્રિન્સટન હોસ્પિટલ ખાતે જ થોમસ હાર્વેએ ફોર્માલિનમાં તરતા મગજના ફોટા લેવડાવ્યા હતા. અસીમ, અનંત, અફાટ તથા અમાપ જેવાં વિશેષણો થકી ઓળખાતા વિરાટ બ્રહ્માંડનાં રહસ્યોનો તાગ જેમાં સમાયેલો હતો એ બેનમૂન મગજ હવે કાચની સામાન્ય બરણીમાં સમાયું હતું ! સામાન્ય લોકોના મગજ કરતાં તેનો દેખાવ જુદો ન હતો. ગડીઓ બહુ વધારે ન હતી; વજન પણ વધુ નહિ. આમ છતાં આઇનસ્ટાઇનનું મગજ કંઇક વિશેષ હતું. વિશેષતા શી તે શોધવા માટે મગજની આંતરિક રચના તપાસવાનું જરૂરી હતું, એટલે થોમસ હાર્વેએ તેના ૨૪૦ ટુકડા કરાવ્યા. અમુક ટુકડાને વધુ નાના ટુકડામાં પણ વહેંચાવ્યા. લગભગ ત્રીસેક વર્ષ સુધી તેણે અને તેના સાથીદારોએ મગજના જ્ઞાનતંત્રનું નેટવર્ક તપાસ્યું. આમ છતાં કોઇ ચોક્કસ તારણ પર તેઓ આવી શક્યા નહિ.

દરમ્યાન ૧૯૮૫ માં અમેરિકાની પ્રો. મરિયન ડાયમન્ડ નામની સંશોધકે પેલી બરણીમાં રહેલા મગજના અમુક ટુકડા કાપી તેમનો છ મહિના લગી અભ્યાસ કર્યો. મગજની રચના અને



■ કાચની પારદર્શક બરણીઓમાં છૂટક ટુકડાઓરૂપે સચવાયેલું આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનનું ફળદ્રુપ મગજ

કાર્ય અંગે ત્રીસ વર્ષમાં તો ઘણું બધું રીસર્ચ થયું હતું. વિવિધ સજીવોનાં મગજ વૈજ્ઞાનિક રીતે તપાસવાં એ વળી પ્રો. મરિયન ડાયમન્ડનું રોજિંદું કામ હતું. ડૉ. આઇનસ્ટાઇનના મગજમાં તેને શું જોવા મળ્યું ?

અદ્ભુત રચના જોવા મળી. મગજનો parietal lobe/મધ્યકપાલી ભાગ નોર્મલ કરતાં ૧૫% મોટો હતો એટલું જ નહિ, પણ તેમાં neurons/જ્ઞાનકોષો સાથેના glia/ગ્લિઆ નામના કોષોનું પ્રમાણ સરેરાશ કરતાં બમણું હતું. આ કોષો ચોતરફી આધાર તરીકે જ્ઞાનકોષોને યથાસ્થાને ટેકવી રાખે તેમ ડેટા પ્રોસેસિંગમાં અને સિગ્નલોના ટ્રાન્સમીશનમાં પણ ભાગ લે, તેથી આઇનસ્ટાઇનના ૧૫% મોટા parietal lobeમાં જ્ઞાનતંત્રનું નેટવર્કિંગ સઘન બન્યું હતું. ઊંડા (ગહન) વિચારોનો જન્મ માનવમગજના જે હિસ્સામાં થાય તેને સંશોધકો વિભાગ નં. ૩૯ તરીકે ઓળખે છે. અહીં કુલ મળીને૧,૯૩૬ જ્ઞાનકોષો હોય છે. વિચારવાનું કાર્ય તે કોષોને આભારી છે. વિભાગ નં. ૩૯માં જ્ઞાનકોષોની સંખ્યા કદી જુદી જુદી હોતી નથી. દરેક વ્યક્તિના મગજના એ હિસ્સામાં ૧,૯૩૬ જ્ઞાનકોષો હોય છે. અલબત્ત, મહત્ત્વ એ સંખ્યાનું નહિ, પણ કોષોની ગીચતાનું હોય છે. જ્ઞાનકોષો જેટલા ગીચ, વિચારશક્તિ એટલી ગહન ! ડૉ. આઇનસ્ટાઇનના મગજના વિભાગ નં. ૩૯ માં જ્ઞાનકોષોનું નેટવર્ક સામાન્ય વ્યક્તિના મગજના એ જ હિસ્સામાં હોય તેના કરતાં ૭૩% વધારે ગીચ હતું. પરિણામે તેની વિચારશક્તિ સામાન્ય વ્યક્તિ કરતાં પોણા બે ગણી તેજ બની હતી અને આઇનસ્ટાઇન ઊંચા લેવલે વિચારી સાપેક્ષવાદના બેજોડ સિદ્ધાંતો ઘડી કાઢવામાં સફળ થયો હતો.





૧૯૯૮ પછી અમેરિકાના બીજા સંશોધકોને દુનિયાના સૌથી ફળદ્રુપ દિમાગનો અભ્યાસ કરવાની તક સાંપડી. ૧૯૯૯ -૨૦૦૦માં એ દિમાગનાં રહસ્યો ખૂલ્યાં. આઇનસ્ટાઇનના મગજની ફળદ્રુપતાનો ભેદ ત્યારે ધ્યાનમાં આવ્યો.

કુદરતે માનવમગજમાં લગભગ ૧૦૦ અબજ જ્ઞાનકોષો વચ્ચે ઇન્ટરનેટ સ્ટાઇલનું જાળું ગૂંથ્યું છે. એક જ્ઞાનકોષ તેના બીજા દરેક પડોશી જ્ઞાનકોષ સાથે જ્ઞાનતંતુ વડે જોડાયેલો હોય છે. જોડાણ કસોકસનું હોતું નથી. વચ્ચે થોડો 'ગેપ' રહે છે. 'ક્રોસ કનેક્શન'ની સમસ્યા નિવારવા માટે કુદરતે એ 'ગેપ' રાખ્યો છે. અનુમાન કરો કે એક જ ટેલિફોન લાઇન સાથે બે ડઝન ટેલિફોન્સને પરબારા જોડી દેવાયા છે. પરિણામે એ લાઇનમાં બહારનો ટેલિફોન કોલ આવે ત્યારે બધા જ ટેલિફોનની ઘંટડી સામટી વાગે, ટેલિફોનની પાસે બેઠેલો દરેક જણ પોતપોતાના ફોનનું રિસિવર કાને માંડે, સામી વ્યક્તિનો અવાજ બધાને સંભળાય અને બધાનો વિવિધ સૂરવાળો અવાજ સામી વ્યક્તિને તો મૂંઝવી નાખે ! આવું જમેલાછાપ નેટવર્ક મગજમાં હોય તો શું બને ? જમણા પગને આગળ માંડવાનો જે વિદ્યુત સંદેશો પ્રસારિત થાય તે કદાચ ડાબા હાથને પહોંચે અને ગઇ કાલની તારીખ યાદ કરવા માટે અપાયેલું સિગ્નલ જુદા મેમરી સેકશનમાં પહોંચી એકાદ ફિલ્મી ગીતને 'રિકોલ' કરી આપે !

આ પ્રેક્ટિકલ સમસ્યા છે, જેને ટાળવા કુદરતે જ્ઞાનકોષ અને જ્ઞાનતંતુ વચ્ચે સાઇનેપ્સ કહેવાતું નજીવું અંતર રાખ્યું છે. કોઇ સંદેશો મોકલવાનો થાય ત્યારે જે તે જ્ઞાનકોષ અને જ્ઞાનતંતુ વચ્ચે ન્યૂરોટ્રાન્સમીટર એટલે કે સંદેશો પોતે કૂદકો મારીને સામી તરફ પહોંચી જાય છે. ટૂંકમાં, સાઇનેપ્સને તેઓ પાર કરે છે, માટે એટલા પૂરતું જોડાણ સ્થપાય છે. આ સંદેશો મગજમાં બીજે પ્રસરતો નથી, કેમ કે ત્યાં 'ગેપ' છે.

બાળકના જન્મ વખતે તેનું મગજ બહુ કાર્યક્ષમ હોતું નથી. જ્ઞાનકોષોની સંખ્યા પૂરેપૂરી હોય અને વખત જતાં મામૂલી (૧૦%થી પણ ઓછી) કપાત સાથે જીવનભર એટલી જ રહે, પરંતુ મગજનું સરેરાશ વજન ૫૦૦ ગ્રામ કરતાં વધારે નહિ. ઉંમર ૬ વર્ષની થાય ત્યાં સુધીમાં પરિપૂર્ણ બનેલું મગજ તેનું લગભગ ૧,૪૦૦ ગ્રામનું નોર્મલ વજન પ્રાપ્ત કરી લે છે. જ્ઞાનકોષોની સંખ્યા વધતી નથી. વજનમાં ઉમેરો તેમને યથાસ્થાને ટેકવી રાખતા આધાર સમાન glia/ગ્લિઆ નામના અબજો કોષોના ઉદ્ભવે લીધે તેમજ જ્ઞાનકોષો વચ્ચે નેટવર્કિંગ તરીકે પહેલીવાર સ્થપાતાં કાયમી જોડાણોને લીધે થાય છે. બાળકનો સૌથી વિશેષ બૌદ્ધિક વિકાસ ૬ વર્ષની (બહુ તો ૮ વર્ષની) ઉંમર સુધીમાં થાય છે, એટલે તેના ઉછેર માટે એ સમયગાળો ખૂબ અગત્યનો છે.

હવે મુદ્દાની વાત : બાળક જન્મે ત્યારે સાઇનેપ્સનું નેટવર્ક બરાબર ગોઠવાયેલું હોતું નથી. જ્ઞાનતંતુ અને જ્ઞાનકોષ વચ્ચે અંતર વધુ પડતું હોય છે, એટલે લાંબી ફાળ ભરી સામી તરફ જવા માગતા ન્યૂરોટ્રાન્સમીટર્સ પોતાના એ પ્રયાસમાં ક્યારેક અસફળ રહે છે. અલબત્ત, બાળક જેમ પોતાના મગજને વિચારો, પ્રતિક્રિયા, તર્કવિતર્કો, અનુમાનો વગેરે થકી કસરત આપતું જાય તેમ સાઇનેપ્સ પાસે ન્યૂરોટ્રાન્સમીટરનું વહન સરળ તેમજ સહેજ ઝડપી બને છે.

આઇનેપ્સનું નેટવર્ક એ રીતે મજબૂત થાય છે.

આ પ્રકારનાં જોડાણો આલ્બર્ટ આઇનસ્ટાઇનના મગજમાં અત્યંત ક્સોક્સ રીતે ગોઠવાયેલાં હતાં. ખાસ કરીને એ ભાગમાં કે જ્યાં મેથેમેટિકલ તથા લૉજિકલ ખ્યાલો જન્મ લે. આ ભાગ સરેરાશ વ્યક્તિના મગજમાં હોય એ કરતાં આઇનસ્ટાઇનના મગજમાં ૧૫% મોટો હતો અને આઇનેપ્સનાં જોડાણો ક્યાંય વધુ ગાઢ હતાં. ૧૯૯૯માં આઇનસ્ટાઇનનું મગજ તપાસીને અમેરિકન જીવશાસ્ત્રી સેન્ડ્રા વિટેલસને દાવા સાથે કહ્યું કે બાળકની વય ૭-૮ વર્ષની થયા પછી આઇનેપ્સનાં જોડાણોમાં ઝાઝો ફરક ન પડે, માટે આઇનસ્ટાઇને નાની વયે શાળામાં વેઠ ઉતારી હોવા છતાં મગજને તેણે ખાસ્સી કસરત આપી હશે. બાળપણમાં પોતાના મનમાં ઉદ્ભવેલા ડઝનબંધ સવાલોને તેણે અવગણ્યા હોત અગર તો તેના પર ગહન વિચાર કર્યો ન હોત તો આલ્બર્ટમાંથી ડૉ. આઇનસ્ટાઇન બનવાનો અવસર કદાચ આવ્યો ન હોત. ન રચાયો હોત સાપેક્ષવાદનો સિદ્ધાંત કે ન દૂર થયાં હોત વીસમી સદીના વિજ્ઞાનનીઓના મનમાં બાઝેલાં બ્રહ્માંડ વિશેના અસ્પષ્ટ ખ્યાલોનાં બાવાંજાળાં!■



# અનુક્રમણિકા



- આલ્બર્ટમાંથી ડૉ. આઈનસ્ટાઈન
- આઈનસ્ટાઈનની નજરે બ્રહ્માંડ
- સ્પેશ્યલ થિઅરી : પૂર્વભૂમિકા
- સ્પેશ્યલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી
- $E=mc^2$ = હિરોશિમા અને નાગાસાકી
- જનરલ થિઅરી ઑફ રિલેટિવિટી
- ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઈફેક્ટ
- નોબલ ચૂકી ગયેલો સાપેક્ષવાદ
- સેવન બ્લન્ડર્સ ઓફ આઈનસ્ટાઈન
- આઈનસ્ટાઈનની આખરી અગ્નિપરીક્ષા
- આઈનસ્ટાઈન : અંતિમ દિવસો
- આઈનસ્ટાઈનનું મગજ અનોખું હતું ?

નળની ચકલી ખોલો ત્યારે જે પ્રવાહીની ધાર નીકળે તેને $H_2O$ કહેવાય, પાણી કહેવાય અને ભૂ પણ કહી શકીએ. આ પુસ્તકના વિષય સાપેક્ષવાદ વિશે પણ એવું જ છે. સાપેક્ષવાદને તેમાં ભૂ તરીકે વર્ણવ્યો છે; એટલે કે સમજૂતી અત્યંત સરળ ભાષામાં આપી છે. સોલિડ બરફ જેવા ભલભલા કઠણ મુદ્દાને પીગાળી નાખ્યો છે. ટૂંકમાં, ઊડતી નજરે 'તાંડવદર્શન' કરીને વાંચન માંડી વાળવાનું જો વિચાર્યું હોય તો હવે એ વિચાર માંડી વાળો અને મગજના અજ્ઞાત ખૂણે કેટકેટલી બુદ્ધિ સુષુપ્ત પડી છે તેનો સુખદ જાતઅનુભવ કરી જુઓ.